جامعة دمشق
كلية الآداب و العلوم الإنسانية
قسم الجغرافية

# جيومورفولوجية حوض الأعوج

# Geomorphology Of Awag Basin

**رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الجغرافية الطبيعية**

**إعداد الطالب**
**فـــادي موسى**

**إشراف**
**الأستاذة الدكتورة: فاتنة الشعال**

**الدكتور :غزوان سلوم**

**العام الدراسي ٢٠١٢ م /١٤٣٢هـ**

# شكر وعرفان

بداية لابد من الوقوف لحظة من الزمن، وقفة صدق وامتنان لنتقدم إلى مشاعل النور ومناهل المعرفة الذين أعطوا وجادوا بالعطاء، ولم يبخلوا بشيء من معارفهم وخبراتهم، فكانوا رمز العطاء والسخاء.....

وأود أن أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى جميع أساتذتي في قسم الجغرافية في جامعة دمشق، وأخص بالشكر الأستاذة الدكتورة فاتنة الشعال والدكتور غزوان سلوم، لما بذلوه من جهد في الإشراف على الرسالة، كذلك أتوجه بالشكر لكل من الأستاذ الدكتور محمد فائد حاج حسن والأستاذ الدكتور عادل عبد السلام لما قدموه من مشورة وتوجيه.

ونهاية أشكر كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل.

# فهرس الموضوعات

**مقدمة:**

ظلت الدراسات التي تناولت الأحواض المائية في الجمهورية العربية السورية رغم الأهمية الكبيرة التي حظيت بها مقتصرة على الجوانب الهيدرولوجية والجيولوجية ، دون إعارة الجانب الجيومورفولوجي الاهتمام الذي يستحقه، وتسهم الدراسات الجيومورفولوجية لأحواض التصريف المائي في الكشف عن دلالات مهمة يمكن من خلالها تحديد التغيرات المترتبة على التبدلات المناخية و التدخلات البشرية ،إضافة إلى ما تقدمه هذه الدراسات في مجالات التخطيط والتنمية.

يمتد حوض نهر الأعوج على إقليمي الجبال العالية والإقليم الجنوبي الغربي الخريطة (١) بين خطي العرض( 33°15َ– 33°30′ ) شمالاً وخطي الطول( 35°36َ- 35°45′ ) شرقاً ، متشكلاً من عدد كبير من الينابيع الدائمة والفصلية، على السفوح الشرقية و الجنوبية الشرقية لجبل الشيخ، إذ يشكل خط تقسيم المياه فيه، الحدود الغربية للحوض التي تفصله عن الأحواض المجاورة له في لبنان، في حين يمثل خط تقسيم المياه لجبل قرنة السفحة بداية حدوده الشمالية، بالإضافة إلى سلسلة الجبال التي تبدأ بجبل العرمة، فجبل عنتر مروراً بالعادلية، ثم تلال الغزلانية التي تفصله عن حوض بردى حتى منخفض الهيجانة، أما الحدود الجنوبية، فيشكلها امتداد وعرة زاكية ،ثم مجموعة المرتفعات التي تبدأ بجبل المانع فتلال الجارونية باتجاه منخفض الهيجانة حيث تفصله المرتفعات السابقة عن حوض اليرموك، الذي يشكل مستوى الأساس المحلي لنهر الأعوج، تبلغ مساحة الحوض حوالي ( ١١٤٧كم$^{٢}$) ويقطع مجراه مسافة (٧٣) كم، من منابعه حتى مصبه في منخفض الهيجانة.



الشكل رقم (١)
خارطة توضح حدود الحوض560000 / 1
المصدر (عن خريطتي دمشق وبيروت الطبوغرافيتين 200000 / 1)

**أهمية البحث:**

تتجلى أهمية البحث من خلال الأمور الآتية :

- تنوع المظاهر الجيومورفولوجية التي تعد محصلة مباشرة لتفاعل العوامل المناخية والليتولوجية والطبوغرافية على امتداد الحوض بالرغم من قصر طوله٠
- ندرة الأبحاث الجغرافية التي تناولت الحوض ،ولاسيما من وجهة النظر الجيومورفولوجية .
- التشوهات التي تعرضت لها المظاهر الجيومورفولوجية في الحوض، بسبب التوسع العمراني والأنشطة البشرية.

**مشكلة البحث:**

إن استمرار التفاعل بين عناصر الوسط الطبيعي يؤدي لإيجاد حالة من التوازن المورفومناخي. ولذا فإن أي خلل في هذا التوازن أو انقطاعه، يؤدي إلى استبدال نظام تطور التضاريس السائد بنظام آخر٠

ومن هذا المدخل يثير البحث القضايا الآتية:

- التغيرات المناخية الرباعية ،وأثرها في تطور الحوض.
- أثر صبة زاكية في ترسيمة شبكة المجاري المائية.

**فرضيات البحث:**

- تعود نشأة المصاطب النهرية في حوض الأعوج، لتغيرات مستوى الأساس المحلي.
- تعطل آلية تطور الأكواع النهرية وهجرتها، بسبب التدخلات البشرية.

**أهداف البحث:**

- دراسة أشكال سطح الأرض من جانب توزعها وخصائصها، وربط ذلك بالأسباب المسؤولة عن تطور ونشوء أشكال السطح في منطقة الدراسة.
- تحديد التغيرات التي تعرض لها الحوض.
- إعداد خارطة تبين أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة.

**مناهج البحث:**

- تم الاعتماد على المنهج الإقليمي الجيومورفولوجي، وما يتطلبه من استخدام للمنهجين الوصفي والاستقرائي- الاستنتاجي، بهدف تحليل المركب الجيومورفولوجي إلى عناصره الأولية، ثم دراسة العلاقات المتبادلة بين هذه العناصر، وما يستلزم ذلك من طرائق كمية وأخرى إحصائية، ووسائل قياس مباشرة وغير مباشرة، اعتماداً على المعطيات التي تقدمها القياسات الميدانية والمورفومترية المعتمدة على الخرائط الطبوغرافية .

**وسائل البحث وأدواته:**

- خارطة الحرمون الطبوغرافية ، مقياس ١/٥٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للمساحة العسكرية ،سنة (١٩٨٩)
- خارطة قطنا الطبوغرافية، مقياس ١/٥٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للمساحة العسكرية ،سنة (٢٠٠١)
- خارطة جنوبي دمشق الطبوغرافية، مقياس ١/٥٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للمساحة العسكرية: سنة (١٩٨٥)
- خارطة الهيجانة الطبوغرافية، مقياس ١/٥٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للمساحة العسكرية ، سنة (٢٠٠٧)
- خارطة جنوبي دمشق الجيولوجية ، ١/١٠٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للثروة المعدنية ، سنة (١٩٩٩)
- خارطة الحرمون الجيولوجية ، ١/٥٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للثروة المعدنية : سنة (١٩٩٩)
- خارطة جنوبي دمشق الجيولوجية ،مقياس ١/٥٠٠٠٠ طباعة المؤسسة العامة للثروة المعدنية ، سنة (١٩٩٤)
- اجهزة GPS ومقياس الانحدار والبوصلة .
- صور جوية لمنطقة الدراسة (١٩٥٤-٢٠٠٤)

**الدراسات السابقة :**

على الرغم من كثرة الدراسات التي تناولت حوض الأعوج، إلا أن أياً منها لم يتناوله كوحدة جيومورفولوجية مستقلة، بل عدته جزءاً من حوض هيدرولوجي أوسع، غطى كل من حوضي بردى والأعوج ، وركزت هذه الدراسات في معظمها على الجانب الهيدرولوجي.

فسلخوز بروم اكسبورت – كروز غيبروفودخوذ، في دراسته **التحريات والمسوحات الهيدروجيولوجية والهيدرولوجية في أربعة أحواض من الجمهورية العربية السورية (١٩٧٩)**، تناول الخصائص الجغرافية و الفيزيائية لحوض دمشق والخصائص المناخية ، والوضع الهيدرولوجي ونظام مناسيب المياه والجريان السنوي، وتوزعه خلال السنة و الجريان الأعظمي والأصغري والتركيب الكيميائي و الجرثومي، والوضع الجيولوجي و الهيدروجيولوجي والوضع الفيزيائي.

أما معهد لينينغراد الحكومي، فقد قام بدراسة بعنوان **استخدام الموارد المائية في حوض بردى والأعوج في ري المحاصيل الزراعية (١٩٨٦)** ، تناول الأحوال البيئية للحوض وظروف الاستعمال للأراضي والموارد المائية واستخداماتها، وقد أشار البحث إلى جانب مهم وهو عملية تنظيم الجريانات السطحية من خلال إحداث شبكة من القنوات والسدود السطحية.

كما قدم عادل عبد السلام دراسة بعنوان حوض **بردى والأعوج، من الناحية الجغرافية (١٩٨٦)**، حدد فيها الأوضاع الطبيعية لحوض بردى والأعوج وتأثير النمو السكاني عليه من إذ زيادة استهلاك المياه وتلوثها، وأثر التوسع العمراني على الأراضي الزراعية فيه.

أما جميل فلوح و أحمد شحادات فقد وضعا بالتعاون مع نقابة المهندسين **الخطة العامة لاستثمار الموارد المائية في حوض بردى والأعوج (١٩٩٠)**، وقاما بتحديد المشاريع المتعلقة بتأمين المياه لمدينة دمشق، ومشاريع استثمار المياه الجوفية والينابيع والمجموعات الحاملة للمياه.

وأكد جميل فلوح في بحثه **(ضبط الجريانات النهرية بواسطة السدود السطحية في حوض بردى والأعوج (١٩٩٣))**، على أهمية تأمين مياه الشرب وضبط الموارد المائية في الحوض، عن طريق إنشاء السدود على المجاري السطحية وضبط الجريانات.

وفي دراسته **المياه غير المتجددة في حوض بردى والأعوج وإمكانية تنمية الموارد المائية فيه (١٩٩٤)**، حاول تحديد الخصائص الهيدرولوجية للحوض، والظروف العامة لاستثمار المياه، وموجز عن المخزون الطبيعي في الطبقات الخازنة، للأعمار المختلفة ،ودراسة إمكانية تنمية استثمار المياه.

أما معهد لينغبرو فودخوذ ، فقام بدراسة تحت عنوان **مشروع الحرمون ( ١٩٩٤)** غطت مناطق دربل، وجبل الشيخ الجنوبي والأوسط والشمالي، ودير العشاير وقطاع الليمون والصبورة والديماس، وشملت الأوضاع الطبوغرافية، المناخية والهيدرولوجية، الهيدروجيولوجية والجيولوجية، الجيوفيزيائية والهيدروديناميكية، ونوعية المياه.

بعد ذلك كان لجميل فلوح دراسات عدة، منها دراسته- بالتعاون مع معهد لينبروفودخوذ- بعنوان **مذكرة حول الوضع المائي في حوض بردى والأعوج (١٩٩٧)**، وضح فيها ضرورة الاستفادة القصوى من المياه الصالحة للشرب وخاصة الفائض السنوي من ينابيع المياه الرئيسة، عن طريق التحكم بالجريانات الموسمية الجوفية فيها، وعلى ضوء إقامة محطة معالجة مياه الصرف الصحي في عدرا، أشارت الدراسة إلى ضرورة تنظيم الزراعات المروية في غوطة دمشق، من خلال تخصيص مناطق أخرى للزراعات التي تؤكل نيئة.

وأيضاً دراسته، **الإدارة الكمية والنوعية للمياه وتنميتها المستدامة في حوض بردى والأعوج (١٩٩٩)**، ووضحت الدراسة التقسيمات الهيدروجيولوجية، وأهم عناصر الموازنة المائية، و تنظيم وضبط الجريانات السطحية، ويقترح إنشاء سدود على مجاري الأنهار والأودية في الحوض، كما تتناول تجربة التغذية الاصطناعية وتنظيم الجريانات الجوفية للينابيع.

وعلى صعيد دراسة التلوث في الحوض، توجد دراسة صبا حسن وآخرين وتناولت دراسة الشبكة المائية، **ورصد التلوث الجرثومي والسمي في حوض الأعوج (١٩٩٩)**.

أما جايكا بالتعاون مع هيئة إدارة الموارد المائية في حوض بردى والأعوج، فقد قامت بدراسة حملت عنوان **الوضع المائي في حوض بردى والأعوج (٢٠٠١ )**، شملت النواحي الهيدرولوجية والمناخية إضافة إلى التخطيط والزراعة.

وقدم حسين الغالي رسالة ماجستير في الهندسة المدنية، بعنوان **نمذجة هيدرولوجية لحوض الأعوج (٢٠٠٢ )**، قام فيها بإجراء نمذجة هيدرولوجية سطحية للحوض، وتحدث عن الموارد المائية المتاحة على شكل جريان سطحي، والناتجة عن تصريف الحوض، بفرعيه الجناني والسبيراني، وذلك تبعاً للهاطل المطري في سنة هيدرولوجية محددة.

ووضعت مؤسسة مياه الشرب **دراسة لجر مياه الشرب لمدينة دمشق وريفها من نهر الفرات (٢٠٠٢ )**، وهي مذكرة تفصيلية، تتضمن إمكانية تزويد دمشق من المصادر والأحواض المائية القريبة منها، والواقع الراهن للسكان واحتياجاتهم الحالية والاحتياجي الأعظمي لهم.

من العرض السريع للدراسات السابقة يتضح أن الدراسة الجيومورفولوجية لم تكن هدفاً مباشراً لأي بحث قبل الدراسة الحالية.

## الخصائص الطبيعية لحوض الأعوج

إن دراسة نشوء وتطور أشكال سطح الأرض تقتضي فهماً تاماً لمدخلات المعادلة الجيومورفولوجية، وتتجلى هذه المدخلات بعناصر المكان، وأهمها جيولوجية منطقة الدراسة وخصائص السطح والمناخ، أما المدخل الثاني، فهو العمليات الجيومورفولوجية المعقدة والمتبادلة مع عناصر المكان وتعد المسؤولة عن نشوء أشكال سطح الأرض وتوزعها.

ومن هذا المنطلق تم دراسة أهم عناصر المكان من حيث تأثيرها على أشكال سطح الأرض، على النحو الآتي:

### أولاً- الوضع الجيولوجي

أكد (Yakushova 1983) أن التضاريس الأرضية الحالية التي تشكلت بسبب تأثير الحركات البنائية Tectonic Movements في الفترات المتأخرة من النيوجين وحتى الرباعي هي عبارة عن نتاج تفاعل معقد بين العمليات الداخلية والخارجية، فالتضاريس التي تبدأ بمعالم بنيوية صرفة لا تلبث بمجرد تكشفها أن تخضع لتأثير العوامل الخارجية واسمة إياها بصفات محددة تعكس أثر النطاقية المورفومناخية Morphoclimatic zonality بشكل واضح.

إن دراسة الوضع الجيولوجي للمنطقة يتطلب التطرق إلى النقاط الآتية:

١- البنية Structure، وتضم كلاً من :
   ١- الصخور السطحية Rock Of Surface.
   ٢- التتابع الطبقي Stratigraphy.
٢- البناء Tectonic، ويشمل ما ينتج عن الحركات البنائية من :
   ١- الطيات (Folds).
   ٢- الصدوع (Faults).
٣- التاريخ الجيولوجي Geological history.

**- البنية :**

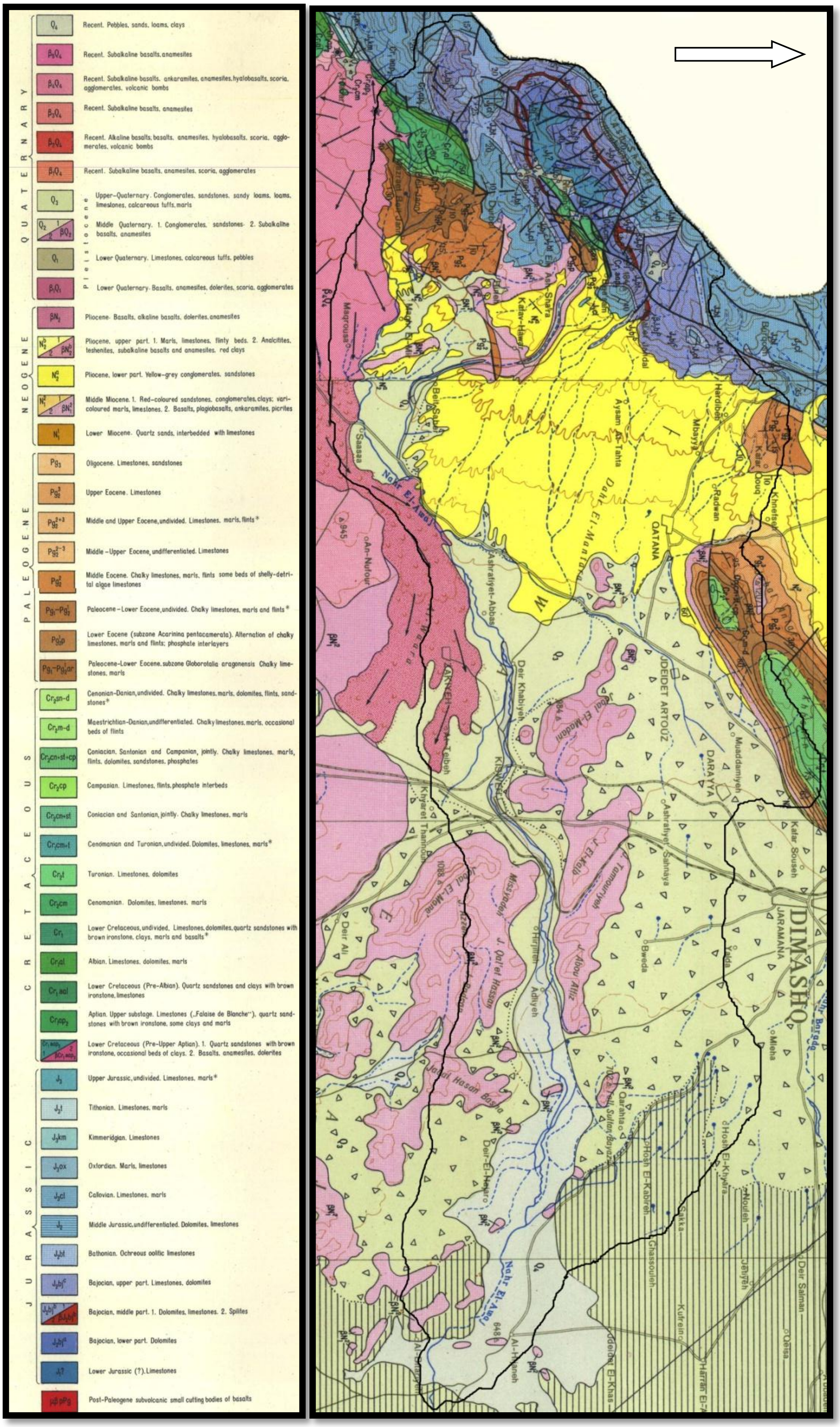
**أ- الصخور السطحية :**

تتكشف على سطح منطقة الدراسة صخور متنوعة تراوح أعمارها بين الحقب الثاني والرباعي الحديث، وتنعكس عليها آثار العمليات البنائية من خلال طبيعة التوزع السطحي للتوضعات الجيولوجية المختلفة، فحركات النهوض التي تعرض لها الجزء الغربي من الحوض كانت محفزاً لنشاط حتي ساعد على كشف توضعات الجوراسي بأدواره، مع تراكم التوضعات الرباعية في المقعرات التي ولدتها هذه الحركات، بالمقابل كانت الفوالق الكبيرة التي أحدثتها هذه الحركات سبباً لعمليات بركنة شديدة أدت إلى ظهور أغشية انبثاقية غطت التوضعات الأقدم حتى الرباعية منها في بعض المواقع، الخريطة رقم (٢).

### أولاً- الحقب الثاني :

#### ١- الجوراسي ( Jurassic) :

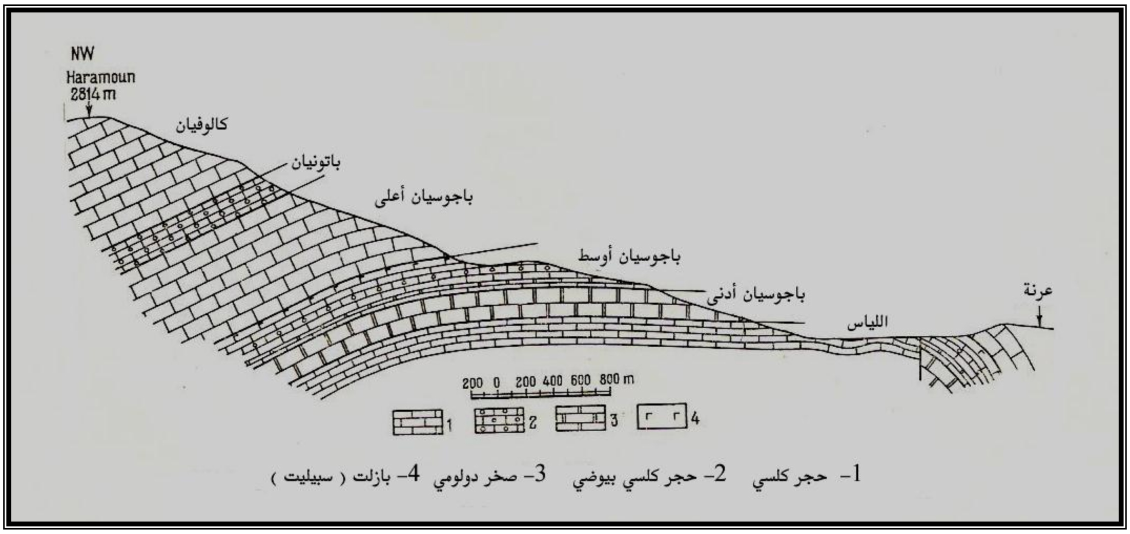
تغطي رسوبيات الجوراسي مساحة تقدر بـ (١٤٢.١٢) كم$^{2}$ أي ما يعادل (١٢.٦١%) من مساحة الحوض وتشمل القطاع الجبلي منه، ويقسم إلى :




الخريطة رقم(٢)الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة(١/١٠٠٠٠٠ المساحة العسكرية١٩٦٣)

**١-١- الجوراسي الأدنى :**

ويتمثل بصخور اللياس التي تبرز قرب قرى عرنة وريمة، ويتألف من تناوب الحجر الكلسي الداكن مع الصخر الدولومي[1]. وقد ساعدت التخلعات البنيوية في حوضة عرنة على تسريع عمليات الحت فيها مؤدية إلى كشفها*.ويمثل الشكل (١) مقطع جيولوجي لتوضعات الجوراسي في جبل الشيخ .




الشكل (١) مقطع جيولوجي لتوضعات الجوراسي في جبل الشيخ عن ponikarov

**١-٢- الجوراسي الأوسط :**

تنكشف صخور الجوراسي الأوسط بشكل أوسع بكثير من الجوراسي الأدنى، و تسمح الدلائل المتوفرة بتحديد حده الأعلى، في حين يبقى حده الأدنى موضع تقدير بسبب غياب البيانات، ويتكشف منه في جبل الشيخ الطوابق الآتية :

**أ- الباجوسي ( Bajocian ) :**

تنكشف صخوره على أطراف حوضة عرنة ممتدة حتى حدود قلعة جندل ومنطقة برقش، وتتألف رسوبياته من الصخور الدولومية والكلسية المتنوعة[٢] الصورة رقم (١) . ويلاحظ من الشكل رقم (١) أن المساحة التي تتكشف فيها رسوبيات الباجوسيان الأدنى والأوسط على الطرف الشرقي لحوضة عرنة أقل بكثير من تلك المساحة التي تغطيها على الأطراف الجنوبية والغربية. مما يشير إلى التأثير الكبير لفالق سرغايا الذي يمر بالطرف الشرقي للحوضة وارتداداته بتنشيط عمليات الحت والتعرية من خلال عمليات الرفع المرافقة له. يعلو الباجوسيان المتوسط طبقة من الصخر البازلتي التي تعود إلى الجوراسي الأوسط، وتصل سماكته حتى (٥٠) م وهي أقدم أشكال الانبثاق البركاني في سورية وتظهر في حوضة عرنة على شكل حزام محيط بها لونه أسود بنفسجي، الصورة رقم(٢).

---

(1) Ponikarov. V.P. (1966), THE GEOLOGICAL MAP OF SYRIA- SHEETS DIMASHQ ,DEPARTMET OF GEOLOGICAL AND MINERAL RESEARCH , DIMASHQ, P 9

* أكد دومارتون (١٩٦٢) أن شدة العمليات التكتونية أدت لما سماه سقوط للقبة على السفح الشرقي لجبل الشبخ

(٢) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مشروع الحرمون، وزارة الري، دمشق ، ص ٤٧



الصورة رقم (١)

طبقات متعاقبة من الحجر الكلسي الدولومي تعود للباجوسيان الأعلى، تتراوح ثخانتها بين (٠.٥- ٢) م في منطقة عرنة.



الصورة رقم (٢)

بازلت الجوراسي الأوسط في جبل الشيخ قرب بلدة ريمة، تصل سماكته، حتى (١) م. وتظهر عليه آثار نشاط التجوية بوضوح.

**ب- الباتوني ( Bathonian) :**

تتكشف رسوبياته بشكل محدود، على شكل شريط ضيق على طول محيط حوضة عرنة محصور بين صخور الباجوسيان الأعلى وصخور الكالوفيان، وتتألف صخوره من الحجر الكلسي البيوضي Oolite والفتاتي العضوي Organo-clastic، ويمكن تمييزه عن صخور الباجوسيان بلونه البني الصدئي[١] .

**٣- الجوراسي الأعلى :**

يمكن تمييز رسوبياته من خلال التركيب الليتولوجي لتعاقباته ووفرة المستحاثات فيها، إلا أن أعمال الحت لم تسمح لتوضعاته بالبقاء على رقعة واسعة، فباستثناء طابق **الكالوفي** (Callovian) لانجد أي أثر لباقي طوابق الجوراسي الأعلى، و تبرز صخوره في قمم جبل الشيخ ومنطقة دربل، وقد بينت نتائج أعمال الحفر والتحريات الجيولوجية أن هناك بعض الأجزاء من هذه التوضعات هي عبارة عن كتل منقولة ومتوضعة فوق صخور أقدم منها تعود إلى الباليوجين والنيوجين، وتتكون صخوره من الحجر الكلسي والكلسي الدولومي [٢] .

## ٢- **الكريتاسي ( Cretaceous) :**

تتكشف رسوبياته على مساحة تقدر (٢٤.١٢) كم$^{٢}$ أي مايعادل (٢.١٣%) من مساحة الحوض، ويتمثل بالمنطقة بالكريتاسي الأعلى والأسفل، يتكون الكريتاسي الأدنى من صخور رسوبية حمراء بالإضافة لتوضعات قارية، في حين يتكون الأعلى بشكل خاص من صخور رسوبية بحرية [٣].

---

(1) Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P11

(2) Ponikarov. V.P, (1966 ), ibid, p13

(3) Ponikarov. V.P, (1966 ), ibid, p21

تتكشف صخوره في مناطق بقعسم وريمة وبيت جن، ممثلة بـ:

**٢-١- الكريتاسي الأسفل :**

تظهر رسوبياته في منطقة بيت جن، وتتألف من الطوابق الآتية :

**أ- الأبسي ( Aptian ) :**

تتألف صخوره من الحجر الرملي الكوارتزي ذو ملاط كلسي غضاري أو حديدي بني محمر أو مصفر ضعيف التماسك، يحوي سافات من الغضار، و في الجزء العلوي منه حجر كلسي غضاري بلون أبيض يعرف بجدار بلانش ( Falaise de blanche) وتصل ثخانته حتى (٦٠) م، وتعلوه صخور من الحجر الرملي تقل فيه نسبة الفلزات الحديدية ويحتوي على سافات مارنية قاسية[١].

**ب- الألبي ( Albian ) :**

تتكشف صخوره في مناطق تكشف صخور الأبسيان نفسها قرب بيت جن، ويتألف من حجر كلسي ودولومي ومارل .

**٢-٢- الكريتاسي الأعلى :**

تنتشر صخوره في بيت جن، وفي المنطقة الممتدة بين قريتي ريمة وبقعسم، ويتفرع إلى الطوابق الآتية :

**أ- السينوماني ( Cenomanian ) :**

تتوضع صخوره فوق صخور الألبيان في منطقة بيت جن ويتألف من الصخر الدولومي و الكلسي، أما في مناطق ريمة وبقعسم، فإن عمليات الخفس التي تعرضت لها المنطقة بتأثير من فالق سرغايا وارتداداته كان لها دور أساسي في حفظ طبقات الكريتاسي من الحت في هذه المناطق والتي تظهر على شكل جزر وسط توضعات الجوراسي.

**ب- التوروني ( Turonian ) :**

يتكشف في بيت جن، ويتألف من الحجر الكلسي والدولومي ، وتكون التضاريس في أماكن تكشف صخور التورنيان ذات إنحدارات لطيفة.

**ج- الكونياسي و السانتوني ( Coniacian and Santonian ) :**

تتكشف قرب بيت جن، وتتألف من الحجر الكلسي الحواري الفاتح اللون مع سافات مارنية غضارية[٢] .

**د- الماستريختي ( Maestrichtian )** :

تتكشف صخوره على مساحة صغيرة قرب بيت جن، وبسماكة لا تتعدى (١٣) م[٣] .

وتتكون من صخور كلسية غضارية حوارية ذات لون فاتح تحتوي على تخثرات من البازلت[٤].

## ثانياً- الحقب الثالث :

### ١- الباليوجيني ( Paleogene ) :

تغطي رسوبياته مساحة تقدر بـ (٦٥.٨٤) كم٢، أي ما يشكل (٥.٨%) من مساحة الحوض، وتظهر في مناطق بيت جن و حينة ودربل ، وتختفي في المناطق المنخفضة أسفل التوضعات الأحدث عمراً، ولا يوجد في منطقة الدراسة تكشفات سوى لدورالأيوسين ( Eocene) الذي ينقسم من جانبه إلى :

**أ- الأيوسين الأدنى :**

---

(١) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٤٩

(٢) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص ٥١

(٣) Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P42

(٤) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٥١

تشبه رسوبياته - من الناحية الليتولوجية- رسوبيات الماستريختي، ويتم التمييز بينهما من حيث اللون، فصخور الأول تميل إلى الخضرة بسبب احتوائها على نسبة من المواد العضوية والمارل، في حين تميل صخور الماستريختي إلى الرمادي الفاتح[1]

**ب- الأيوسين الأوسط :**

تنكشف صخوره في أماكن إنتشار الأيوسين الأدنى نفسه، في بيت جن وحينة، وتتكون من صخور كلسية قاسية ومرخمة [2]. ونلاحظ من تتبع تكشفات الباليوجين غياب كامل لتوضعات الأليغوسين (Oligocene)، مما يدل على حدوث حركات نهوض في المنطقة حرمت بعض المناطق من رسوبيات هذا الدور.

## ٢- النيوجيني (Neogene):

تتمثل صخور النيوجين بتشكيلات إنبثاقية (Effusive) وقارية رسوبية، تغطي مساحة تقدر بـ (٣٦٥.٤٨) كم$^{٢}$ أي مايعادل (٣٢.٤%) من مساحة الحوض وتنقسم إلى الأدوار الآتية :

**١- الميوسين (Miocene) :**

يتواجد في منطقة الدراسة صخور الميوسين الأوسط فقط، وهي عبارة عن صخور بازلتية، تغطي مساحة (١٢٩.٠٢) كم$^{٢}$، أي مايعادل (١١.٤%) من مساحة الحوض، تتواجد عند أقدام جبل الشيخ في حينة وعين الشعرة ، وتمتد على شكل حزام ضيق على طول التلال الجنوبية التابعة لنظام جبل خاشين، وكذلك جنوب مدينة دمشق قرب الكسوة إذ ينتصب جبل المانع والمداني وأبو عطريز والتنورية.

إن صخور الميوسين الأوسط عبارة عن تتالي دفقات من الحمم قسمت من خلال الطبقات الحمراء الناجمة عن عمليات التجوية، وقد عرف منها في جبل المانع حوالي (١٥) إلى(٢٠ ) تدفق، وتبلغ سماكة التشكيلات المكشوفة منه حوالي (١٦٠-٢٠٠) م، ولم تعرف مصادر انفجار حمم الميوسين الأوسط ولاتزال مجهولة لعدم وجود براكين محفوظة في المنطقة[3]، الصورة رقم (٣) .



الصورة رقم (٣)

بازلت الميوسين الأوسط في حينة وتظهر تفتته تحت تأثير عمليات التجوية.

(١) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص ٥١- ٥٢

(٢) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع السابق ، ص ٥٢

(٣) Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P 64 -65

**٢- البليوسين (pliocene):**

ويقسم إلى :

**أ- البليوسين الأدنى :**

تغطي صخوره مساحة تقدر بـ (١٩٨.٤) كم٢، أي مايعادل (١٧.٥%) من مساحة الحوض، وتنتشر في مناطق قطنا وعين الشعرة وحينة وكفرحور وبيت سابر، وتتألف من ثخانات كبيرة من الكونغلوميرات ذات مكونات كلسية ودولومية، وصوان ذو ملاط كلسي مارني[١] .

**ب- البليوسين الأعلى :**

تنتشر صخوره على مساحة (٣٧.٩٢) كم٢ أي حوالي (٣.٣%) من مساحة الحوض.تغطي صخوره مناطق صغيرة قرب كناكر ودير ماكر، إذ تشكل صبات كثيرة التموج[٢]، ويمكن أن نميز بقايا لبراكين محطمة بشدة وبارتفاع يراوح بين (٤٠-٥٠) م، وتختفي هذه الصبات في أغلب الأحيان تحت صبات أحدث عمراً[٣].

## ثالثاً- الحقب الرابع (Quaternary ):

تغطي توضعاته مساحة تقدر بحوالي (٥٣٠.١٢) كم٢، أي مايعادل (٤٧%) من مساحة الحوض، وذلك في المنخفضات والوديان والمجاري المائية ، وهي مؤلفة من توضعات بحيرية، إضافة للاندفاعات البركانية التي تغطي التوضعات الأقدم، وتنقسم إلى:

**أ- الرباعي الأعلى :**

تنتشر توضعاته على نحو واسع، قرب قرى بيت سابر ومغر المير وسعسع ومنخفض الهيجانة، وهي مؤلفة من توضعات غضارية وحصى وبحص، ذات منشأ بحيري لحقي. يبلغ انحدار السطح من (١ْ-٢ْ)، و تشكل هذه اللحقيات المصطبة الثانية على نهر الأعوج ويبلغ ارتفاع المصطبة من (٨-١٢) م، وتبلغ سماكة هذه التوضعات قرب نبع الطماسيات حوالي(١٠٠) م[٤]، وتختلط مع الأنقاض الصخرية كلما اقتربنا من أقدام الجبال .

**ب- الرباعي الحديث :**

تنتشر توضعاته الطمية بشكل خاص في بحيرة الهيجانة وقرب بيت سابر، مشكلة السهل الفيضي لنهر الأعوج، وهي تتألف من توضعات غضارية تحتوي على أشكال مختلفة من الحصى لونها بني وسماكتها لا تتجاوز (٥-٦) م[٥].

**ج- البازلت الرباعي :**

يظهر على الطرف الجنوبي للحوض، ممثلاً بوعرة زاكية ويغطي مساحة تقدر بـ (٩٨.٦)كم٢، أي ما يعادل (٨.٧%) من مساحة الحوض، ويعد تل الأحمر الواقع شمال شرق قرية حضر مصدر هذه الصبة ، فهي تمتد على شكل حزام عريض باتجاه الشرق، وتتفرع أجزاؤها الأمامية إلى قنوات عدة على طول وديان نهر الأعوج ، وتصل نهاياتها حتى جبل المانع، وتنتشر الأشكال الحبلية والآرغن البازلتي على سطح الصبة، ونجمت الأغطية البركانية هنا عن عدد من انفجارات الحمم المتعاقبة، وهذا واضح جداً في التكشفات الطبيعية وطبقات البريش البركاني (Volcanic-breccia) التي تفصل بين الأغطية المتعاقبة التي يتفاوت

(١) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٥٣

(٢) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص ٥٣

(3)Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P 67-68

(٤) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٥٤

(٥) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص ٥٤

سمكها بين (٢-٢٠) م [١]. تبلغ ثخانة هذه الصبات قرب نبع الطلماسيات حوالي (٦) م، وتزداد هذه الثخانة باتجاه المصدر إذ تصل قرب قرية حضر حوالي (٧٠) م، وهي تغطي التوضعات الأقدم حتى الرباعية منها أحياناً[٢]،الصورة رقم (٤)



الصورة رقم (٤)

تظهر توضع الصبات البركانية الرباعية فوق توضعات رباعية أقدم قرب قرية الحسينية، تبلغ سماكتها حوالي ١،٥م

**٢- التتابع الطبقي*** :

مرت الأرض عبر تاريخها الطويل بمجموعة من الحوادث والتغيرات المهمة كالتجاوزات والانسحابات البحرية، وتكون السلاسل الجبلية،والحركات البنائية، والمعطيات التي نحصل عليها عن تسلسل الأحداث الجيولوجية في الزمان والمكان التي خلفت طابعها على التشكيلات الرسوبية تقود إلى إعادة بناء الجغرافية القديمة للمنطقة[٣].

وسيتم دراسة التتابع الطبقي في منطقة الدراسة على النحو الآتي :

**- قطاع الجوراسي في جبل الشيخ** :

١- **الجوراسي الأدنى** : تشير آبار السبر في عرنة إلى أنه تم اختراق ثخانة (٣٠٠)م من التوضعات التي تعود إلى اللياس، وهي تتألف من الحجر الكلسي والكلسي المارلي الذي يحوي على الغضار الرمادي الفاتح، و يتوضع أسفله صخر دولومي كلسي، وتجدر الإشارة إلى أنه من الصعب ليتولوجياً الفصل بين رسوبيات الجوراسي الأدنى ورسوبيات الترياسي بسبب استمرار الحوض الترسيبي في تلك الفترة[٤]. وقد قام فوتران ودوبرتريه بتأريخ ترسبات اللياس في جبل الشيخ بمقارنتها مع الترسبات الجوراسية في لبنان[٥]

٢- **الجوراسي الأوسط** : ويمكن فيه تتبع الطوابق الآتية :

أ- **الباجوسي** : تقسم ليتولوجياً إلى ثلاثة أقسام :

---

(١)Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P 75

(٢) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٥٤

* تفتقر منطقة الدراسة لوجود آبار السبر الجيولوجي من حيث الكم والنوع والتغطية والعمق مما حال دون إجراء مقارنة بين مناطق الحوض أو إجراء محاكاة لبنيات الترسيب .

(٣) ج. بولان، (١٩٨١)، مبادئ الجيولوجيا الطبقية، مطبعة طربين، دمشق، د- ه

(٤) معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٤٦

(٥)Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P 9

- **الباجوسي الأسفل :** حدوده السفلى غير واضحة، وهو يتوضع بتوافق* فوق الجوراسي الأدنى، تبلغ ثخانته تقريباً(١٧٠) م، ويتألف من صخور دولومية حبيبية البنية رمادية اللون.
- **الباجوسي الأوسط :** تتميز رسوبياته بتنوع سحنتها الليتولوجية، إذ يتعاقب الصخر الدولومي الكلسي والكلسي العضوي الذي يعلوه الكلس البيوضي ،ويتوج هذه المجموعة طبقة من الصخور البازلتية، التي تصل ثخانته حتى (٥٠) م وتبلغ ثخانة هذا الجزء تقريباً (١٥٠) م.
- **الباجوسي الأعلى** : يمثل من قبل تشكيل رتيب من الحجر الكلسي مع طبقات من الدولومي الرمادي اللون، وتبلغ ثخانته (٥٨٠) م.

**ب- الباتوني :** يتألف من حجر كلسي بيوضي وكلسي غضاري، يمكن تمييزه من صخور الباجوسي بلونه البني الصدئي، وتصل ثخانته حتى (١٧٠) م [١].

**٣- الجوراسي الأعلى** : نجد فيه الطابق الآتي :

**أ- الكالوفيان :** تتألف صخوره من الحجر الكلسي الرمادي الخفي التبلور والحجر الكلسي الدولومي ، وتصل ثخانته الأعظمية إلى (٧٠٠) م[٢].

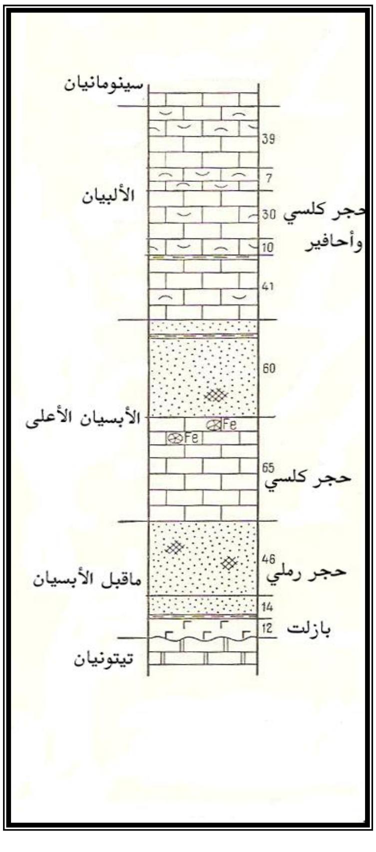
ويمكن القول من خلال تتبع التعاقب الطبقي الجوراسي أن المنطقة ظلت خاضعة للحوض الترسيبي ذاته الذي سيطر منذ الترياسي، واستمر حتى نهايات الجوراسي، ويفسر غياب العديد من طوابق الجوراسي الأعلى:

- بأن المنطقة تعرضت لحركة نهوض في الجوراسي الأعلى ولذا لم تترسب أصلاً الطوابق التي تلي الكالوفي.

وتشير بعض الدراسات الجيولوجية بعدم حدوث ترسيب أصلاً لترسبات طابق النيوكومي (Neocomian) التابع للكريتاسي الأدنى[٣] .

**- قطاع الكريتاسي في جبل الشيخ وبيت جن :**

**١- الكريتاسي الأدنى** : نتتبع فيه الطوابق الآتية في جبل الشيخ الشكل رقم (٢):




الشكل رقم (٢) التتابع الطبقي لرسوبيات الكريتاسي الأدنى عن ponikarov

* تعني حالة التوافق ظهور طبقات االزمن الواحد بشكل تدرجي حسب العمر، القديمة في الأسفل والحديثة في الأعلى، وهي بذلك مخلفة لحالة عدم التوافق والتي يستدل عليها بفقدان لإحدى الطبقات مما يدل على أن المنطقة تعرضت لانقطاع في الترسيب زمن تشكل هذه الطبقة ( أمين طربوش، فاتنة الشعال، ٢٠٠٧، الجيولوجيا العامة للجغرافيين، جامعة دمشق، دمشق، ص٥١-٥٢)

[١] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مرجع سبق ذكره، ص ٤٧

[٢] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص ٤٨

[٣] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٤٩

أ- **الأبسي :**

يقسم إلى طبقتين، تمثل الأولى ما قبل الأبسي الأعلى، وتتكون من حجر رملي كوارتزي ذي ملاط كلسي غضاري أو حديدي بني محمر أو مصفر ضعيف التماسك يحوي على سافات من الغضار، تصل ثخانته في جبل الشيخ حتى (٧٢) م، وتمثل الثانية الأبسي الأعلى، ويتكون من حجر رملي تقل فيه نسبة الفلزات الحديدية، ويحوي على سافات مارنية قاسية وتصل ثخانته العظمى حتى (١٢٥) م[1].

ب- **الألبي :**

تتألف رسوبياته من الحجر الكلسي العضوي مع طبقات من المارل والغضار، وتتوضع بتوافق فوق ترسبات الأبسي ، تبلغ ثخانتها حوالي (١٢٧)م في جبل الشيخ و (١٣٤)م في بيت جن.

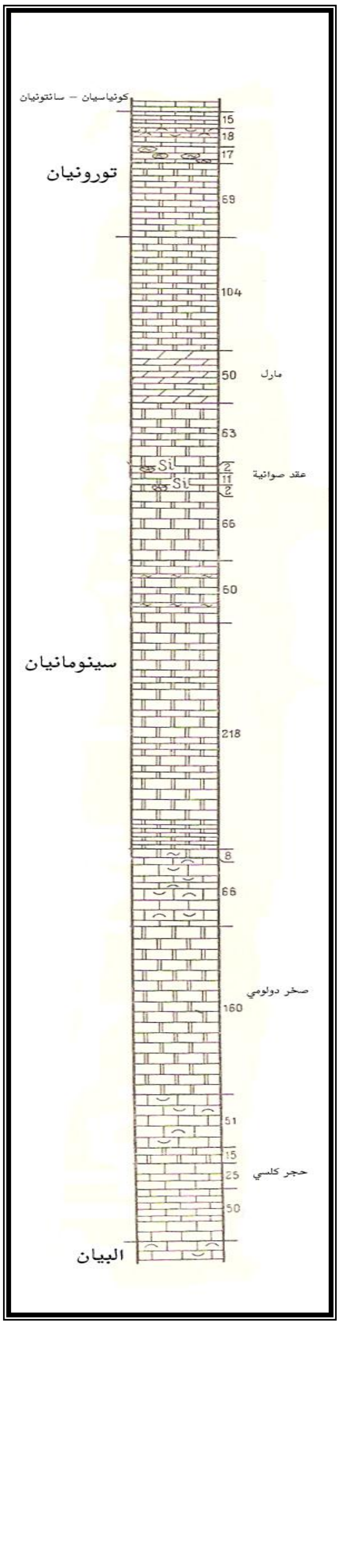
٢- **الكريتاسي الأعلى** : ينقسم إلى الطوابق الآتية في منطقة بيت جن الشكل رقم (٣) :

أ- **السينوماني :**

تتوضع صخوره بتوافق فوق صخور الألبي وهي تتألف من حجر كلسي دولومي ذي ثخانات كبيرة يحتوي على بعض الاندساسات الغضارية والمارنية على شكل طبقات رقيقة خاصة في القسم الأسفل منه. تزداد ثخانة رسوبياته باتجاه الجنوب حتى تصل قرب بيت جن إلى (٩٥٧)م.

ب- **التوروني :**

تتوضع صخوره بتوافق فوق صخور السينوماني ، ويصعب الفصل بينهما ليتولوجياً، يتألف الجزء السفلي منه من طبقات من الحجر الكلسي الغضاري الفاتح، أما القسم العلوي، فيتألف من طبقات سميكة من الحجر الكلسي الدولومي ذي اللون الفاتح الحبيبي البنية ، تصل ثخانته قرب بيت جن إلى (١١٩)م[1].




الشكل رقم (٣)

التتابع الطبقي لرسوبيات السينوماني والتوروني

عن ponikarov

(١) معهد لينغبروفودخوز ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٤٩

(١) معهد لينغبروفودخوز ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٥٠

**ج- الكونياسي – سانتوني :**

يتوضع بشكل متوافق فوق صخور التوروني، وهو مؤلف من حجر كلسي حواري فاتح اللون مع سافات مارنية غضارية، وفي الأسفل دولوميت كلسي، تصل ثخانته حتى (١٢٧)م.

**د- الماستريختي :**

ثخانته لاتتعدى (١٣)م، تختلط حدوده العلوية مع ترسبات أسفل الباليوسين التي يصعب تمييزها ليتولوجياً عنها، ويتألف من صخور كلسية حوارية ذات لون فاتح، تحوي أحياناً على الفوسفات وتخثرات من البازلت وعقد صوانية دقيقة[1].

يبدو من التتابع الطبقي لترسبات الكريتاسي حدوث فترة من انقطاع الترسيب في الكامباني، ومن تتبع ثخانات التوروني، نجد أن الحوض الترسيبي كان يزداد عمقاً باتجاه بيت جن، إذ يبلغ أعمق نقاطه، إضافة إلى ذلك يظهر انقطاع الترسيب في الفترة بين الجوراسي الأعلى والكريتاسي الأدنى والناجم عن عمليات النهوض في المنطقة من خلال توضع ترسبات الأبسي مباشرة فوق ترسبات الكالوفي .

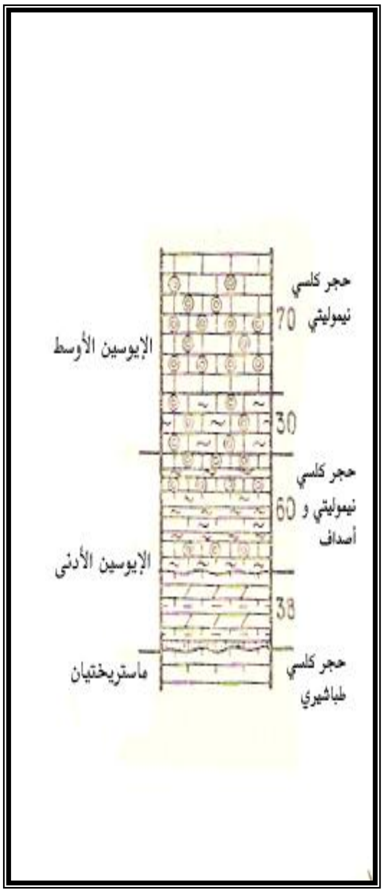
- **قطاع الباليوجين في بيت جن** :

١- **الإيوسين** : وقسم إلى

أ- **الإيوسين الأدنى :** تتألف ترسباته من صخور حوارية ومارنية كلسية وغضار كلسي مع طبقات رقيقة من الصوان الأسود تتناوب مع مارل غضاري ، تصل ثخانته قرب بيت جن لحوالي (١٠٠)م.

ب- **الإيوسين الأوسط :** تتكون من صخور كلسية قاسية ومرخمة ، وهي بذلك تختلف ليتولوجياً عن ترسبات مماثلة لها في منطقة الزبداني ، وهذا دليل على اختلاف في شروط الترسيب، ففي مناطق جبل الشيخ كانت شاطئية وفي الشمال كانت عميقة، تبلغ ثخانة الترسبات في بيت جن (١٠٠)م[2].

ويلاحظ من العمود الجيولوجي لترسبات الباليوجين في بيت جن اختفاء كامل لترسبات الباليوسين، إذ يستقر الإيوسين مباشرة فوق الماستريختيان، كذلك لايظهر أي أثر للأليغوسين، ويبدو أنه في فترة ترسيب الأوليغوسين في المناطق الواقعة شمال الحوض المدروس كانت المنطقة تتعرض لحركة نهوض جعلتها بعيدة عن ترسيب تكويناته.




الشكل رقم (٤)

التتابع الطبقي لترسبات الباليوجين

عن ponikarov

[1] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٥١

[2] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٥٢

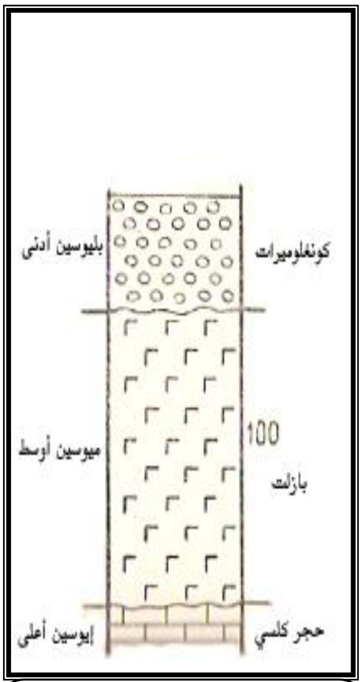
- **قطاع النيوجين في عين الشعرة :**

ويضم وحدتين جيولوجيتين:

١- بازلت الميوسين الأوسط : وهو عبارة عن تتالي دفقات من الحمم، تبلغ ثخانتها في عين الشعرة (١٠٠) م، وتصل ثخانتها قرب الكسوة حتى (٥٠٠) م.

٢- البليوسين الأسفل : تتألف من توضعات الكونغلوميرات ذات المكونات الكلسية والدولومية مع طبقات من الحجر الكلسي الغضاري، تبلغ ثخانته في عين الشعرة حوالي (١٠٠)م[١] الشكل رقم (٥) .

تميزت هذه الفترة بفعالية كبيرة للحركات البنائية مؤدية لظهور منظومة من الصدوع والفوالق التي مثلت نقاط ضعف تسربت منها الحمم البركانية، كذلك أدت هذه الحركات إلى حدوث تفاوت كبير بين المرتفعات والمنخفضات، مما أدى لتجدد سريع وكبير لعمليات الحت التي تراكم نتاجها من الكونغلوميرات في المنخفضات البينية كما في منخفض قطنا.




الشكل رقم (٥) التتابع الطبقي لتوضعات النيوجين عن ponikarov

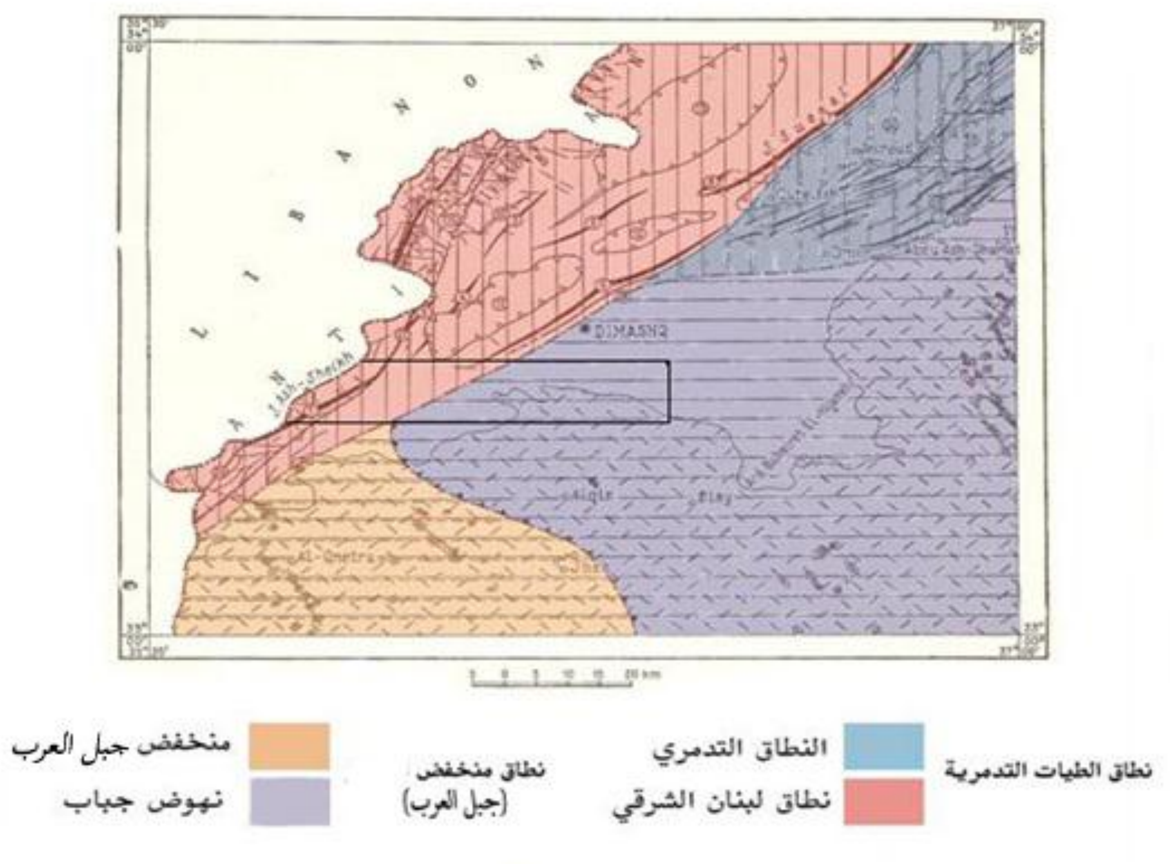
## ب- الوضع البنائي :

تقع منطقة الدراسة على السفح الشمالي للركيزة العربية ، في حدود نطاق الطيات التدمرية، ومنخفض جبل العرب. وتتواجد المنطقة الجبلية في الحوض، ضمن المنطقة الفرعية – لبنان الشرقي – التابعة لنطاق الطيات التدمرية التي تضم سلسلة من الجبال تحمل الاسم نفسه ومجموعة من الطيات الكبيرة تقع إلى شمال غرب فالق دمشق، وتكون التخلعات الالتوائية في هذه المنطقة عبارة عن طيات محدبة ، وأحياناً غير متناظرة مؤلفة من الصخور الكربوناتية .
تتميز المنطقة بظهور حركات شاقولية بتأثير الفوالق الكبيرة التي أدت إلى نشوء البنيات النجدية المحدبة، وهي عبارة عن طيات ذات قبب مسطحة نسبياً وأجنحة منحدرة تكون عادة مصحوبة بتخلعات فالقية والتوائية معقدة . إلى الجنوب الشرقي من المنطقة الفرعية – لبنان الشرقي – يمتد منخفض جبل العرب وتفصله عنها مجموعة من الفوالق الكبيرة، تتألف هذه المساحة في قسمها الأكبر على السطح من صبات بازلتية من عمر النيوجين والرباعي، الخريطة رقم (٣)

وأهم الخطوط الفالقية في المنطقة والذي أثر في تكوين الوحدات النجدية – الغورية (Graben-horst) في المنطقة الفرعية – لبنان الشرقي – هو امتداد الفالق الشرقي لمنخفض البحر الميت وبه يرتبط ظهور فوالق حاصبيا وراشيا وسرغايا . العنصر الثاني الضخم في المنطقة هو فالق دمشق. تقسم الفوالق المذكورة المنطقة إلى كتل تكتونية ضخمة، ويشير جميع الباحثين أنه بعد الحركات الألبية فإن السبب الرئيس في التكوين البنيوي للمنطقة كان للحركات الشاقولية التي أدت لنشوء الفوالق العادية والعكسية والطيات الكبيرة العادية والمائلة الصورة رقم (٥).

---

[١] معهد لينغبروفودخوز ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٥٣




الخريطة رقم (٣) المخطط التكتوني للمنطقة عن ponikarov بتصرف



الصورة رقم (٥) طيات من نوع- gravite – التي أصابت توضعات الكريتاسي في بيت جن

تؤكد الدراسات الجيولوجية والتكتونية الحديثة على وجود انزياحات أفقية في الضفة الشرقية من انهدام البحر الأحمر، متمثلة في المنطقة بالقسم اللبناني، كذلك يلاحظ على امتداد فالق الضفة الشرقية من منخفض الغاب إلى الجنوب من خرائب الناعمة دلائل الانزياح اليساري للمسيلات المائية بمقدار (٦٧)م مع انزياح شاقولي من العمر نفسه بمقدار (١.٥) م، كما تلاحظ دلائل الانزياح الأفقي اليساري على امتداد فالق دمشق، إذ تظهر على شكل طيات السحب المميزة بوضوح في منطقة الضمير[١]،و يظهر أثر شدة الحركات البنائية في بيت جن من خلال الميل الشاقولي لطبقات الكريتاسي، الصورة رقم (٦).

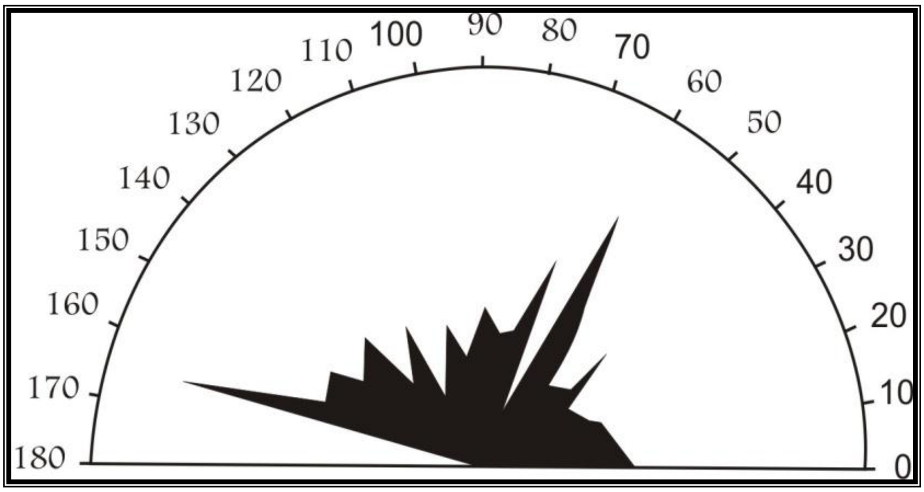


الصورة رقم (٦ ) الميل الشاقولي لطبقات الكريتاسي في بيت جن دليل على شدة العمليات التكتونية

ومن خلال الشكل رقم( ٦ ) والملحق رقم ( ١ )، يمكن ملاحظة الاتجاهات الرئيسة الآتية للكسور في المنطقة :

١- في الفئة الأولى سادت الكسور ذات الاتجاه ( شمال – شمال شرق ، جنوب - جنوب غرب )، أي المحصورة بين الدرجات (٤٥°-٩٠° ) وتشكل (٣٢.٤%) من مجموع أعداد الصدوع .
٢- مثلت الفئة الثانية الكسور ذات الاتجاه ( شرق – شمال شرق ، غرب- جنوب غرب ) أي المحصورة بين الدرجات (٠ –٤٥° ) وتشكل (٢٨.٥%) من مجموع أعداد الصدوع .
٣- في الفئة الثالثة جاءت الكسور ذات الاتجاه ( شمال – شمال غرب ، جنوب جنوب شرق )، أي المحصورة بين الدرجات (٩٠°-١٣٥° )، وتشكل نسبة (٢٤.٧%) من مجموع أعداد الصدوع .

[١] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٥٧




الشكل رقم (٦) (من عمل الباحث)

وردة الكسور وتبين اتجاه وأطوال الصدوع (ملم) في منطقة الدراسة

أما من حيث أطوال الصدوع فنجد :

١- بلغت نسبة أطوال صدوع الفئة الأولى (٣٣.٨%) من مجموع الأطوال.

٢- تساوت نسبة أطوال صدوع الفئات الثانية والثالثة وبلغت (٢٣.٦%) من مجموع الأطوال.

وبذلك نجد أن الصدوع ذات الاتجاه الشمالي الشرقي – الجنوبي الغربي هي السائدة وذات الأطوال الأكبر، وهذا يتوافق مع امتداد فالق سرغايا ذي الاتجاه الشمالي الشرقي، إن فالق سرغايا مع فالق راشيا هما المسببان الرئيسان لتكوين المحدب النجدي لسلسلة جبال الحرمون ، ويعتبر فالق سرغايا ذا سطح ميل غير متجانس، ففي بعض القطاعات تكون زوايا الميول قريبة من العامودية كما في قلعة جندل والقسم الجنوبي من منطقة حضر، وفي بقية المناطق يتناقص حتى زاوية (٤٠ْ-٥٠ْ). ويقدر عمق اختراق فالق سرغايا بعدة كيلومترات.

بينما تتوافق كسور الفئات الثانية والثالثة مع فوالق الدرجة الثانية الموزعة في منظومتين :

- المنظومة الأولى تتمثل بمنظومة من الخطوط شبه المتوازية بامتداد غير كبير، وتخلعات فالقية بأعمار ومواقع مختلفة يصل عمق اختراقها إلى نحو (١٠٠٠) م ، ويتراوح في بعض القطاعات بين (١٠٠ – ١٥٠) م وهي تعد التشكيلات الأكثر حداثة.
- المنظومة الثانية تتوافق مع الفوالق الرئيسة ، وتمتد موازية لمحورها .

أما التخلعات الفالقية الأصغر وذات الاتجاهات المختلفة، فليس لها نمط توزع محدد، وهي تعد متفرعة عن المنظومات الأساسية[١].

[١] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، المرجع السابق ، ص٦٧

## ج- التاريخ الجيولوجي :

في التاريخ الجيولوجي للمنطقة يمكن تمييز مرحلتين رئيستين ، تتضمن المرحلة الأولى فترات الجوراسي والكريتاسي والباليوجين، وتتميز بشكل رئيس بسيطرة الشروط البحرية، إذ غطيت منطقة الدراسة ببحر قاري (epicontintal)، سيطرت عليها الحركات التكتونية الالتوائية (epeirogenetic) التي أدت إلى تشكيل المرتفعات والمنخفضات، وحددت خصائص الترسيب الرئيسة، تميزت المرحلة الثانية في التاريخ الجيولوجي بالشروط القارية وحركات الطي الكتلية (folding- block) في أثناء النهوض العام للمنطقة، وهي تقابل فترات النيوجين والرباعي، وكانت مصحوبة بنشاط انبثاقي (effusive) أعظمي.

ضمن دورة الترسيب الجوراسية، مرت فترات أصبح فيها الحوض البحري أقل عمقاً، مما سبب تراكم الأحجار الكلسية من الحجر الكلسي البيوضي (oolitic) وفتات الصخر الكلسي العضوي (organogenous- clastic)، ووجدت شروط ترسيب مشابهة في أثناء الباتونيان والاكسفورديان الأعلى، إذ أصبح الحوض في نهاية الكيميريدجيان أكثر ضحالة مما أدى إلى نمو المرجانيات، وأدى استمرار النهوض في نهايته إلى رفع جزئي للمنطقة فوق مستوى سطح البحر، مما كشف مساحات واسعة من اليابسة وأدى إلى تشكل أنظمة مائية حتية.

تعود الإشارات الأولى لحركات الهبوط التي تعرضت لها المنطقة إلى الأبسيان المبكر، وأدت إلى حدوث تجاوز واسع للبحر (transgression)، وتشكيل حوض بحري في نهاية الأمر . ولم تستمر هذه الظروف طويلاً، ففي النصف الثاني للأبسيان الأعلى، تراجع البحر عن أجزاء من المنطقة مؤدياً لسيطرة الظروف القارية(١) .

حدث الترسيب منذ بداية الدانيان* وحتى الباليوجين تحت تأثير الحركات التكتونية، وأثر تطور المرتفعات والمنخفضات على خصائص الترسيب في الباليوجين، فضمن أحواض ترسيب الباليوجين كانت السماكات أعظمية ولم تحدث أي انقطاعات في الترسيب، وأما في منطقة المرتفعات، تظهر رواسب الباليوجين مكسرة نتيجة لتأثير نشاط التجوية الذي تعرض له السطح، ومترافقة مع انقطاعات ستراتيغرافية عديدة، خاصة في الباليوسين والأيوسين الأدنى(٢).

أما النيوجين، فقد شهد أهم الأحداث في التاريخ الجيولوجي لمنطقة الدراسة، عندما حدث انعكاس كامل للمنخفضات البينية، التي حلت محل نظام الطيات السابق، كما تعرضت المنطقة في الفترات القارية لحركات طي كتلية شكلت البنية الحالية للمنطقة . واستمر تطوير المنطقة خلال هذه الفترة بحركات رفع مركز وبركنة، وبنتيجة فروق الارتفاعات الكبيرة الناجمة عن تباين شدة الحركات التكتونية ، قامت أنظمة هيدرولوجية نشطة بحت وتخفيض المنطقة. كما أدت الحركات التكتونية في الميوسين الأدنى إلى رفع المنطقة بشكل بسيط، أما الميوسين الأوسط فيحدد من خلال النمو العنيف لأنظمة الجبال من جهة ونشاط عمليات الحت التي ملأ نتاجها المنخفضات البينية الجبلية من جهة أخرى، وبشكل مزامن حدثت الانفجارات البركانية إذ مثلت الفوالق الكبيرة دور المحرض لها.

وفي نهاية الميوسين الأوسط، بدأ النشاط التكتوني بالضعف نسبياً كما استقرت الظروف التكتونية حتى بداية البليوسين، إذ تجددت الحركات التكتونية، وتميز النصف الأول للبليوسين بالنمو السريع للأنظمة الجبلية و تشكلت في المنخفضات أسرة سميكة من الكونغلوميرات الحصوية (rudaceous conglomerates).

---

(١)Ponikarov. V.P, (1966 ), OP.CIT, P 102

* إن البيانات حول سمك توضعات الألبيان نادرة ولا تسمح بالحكم حول ظروف المنطقة في ذلك الوقت

(٢)Ponikarov. V.P, (1966 ), ibid, p105

تراجعت حدة النشاط التكتوني في النصف الثاني من البليوسين، و نهضت في أثناء هذه الفترة منطقة منخفض جبل العرب مع النهوض العام للمنطقة، ويستدل على ذلك من آثار الحت المركز لبازلت الميوسين جنوب دمشق، إذ نجد بقايا ظاهرة من تضاريس قديمة كتفاصيل سطح حتي(١).

أما المرحلة الأخيرة لتشكل المنطقة فهي مستمرة منذ نهاية البليوسين، والجزء الأكثر الأهمية في ذلك الوقت، هي الحركات التكتونية الرأسية المترافقة مع صدوع عديدة، وحركات الطي التي كانت ضعيفة وأدت إلى تعقيد البنية التي كانت قد تشكلت مسبقاً. وفي الفترة الرباعية وعلى الرغم من استمرار الحركات الرأسية إلا أنها لم تكن مركزة واتبعت الاتجاهات التي عرفتها من الحركات السابقة، ويمكن تقييم الحركات التكتونية لهذه الفترة من خلال توزيع مناطق الحت والترسيب. إذ بدأت العناصر الرئيسة للشبكة الهيدروغرافية الحالية بالظهور(٢)

(1)Ponikarov. V.P, (1966 ), ibid, p106

(2)Ponikarov. V.P, (1966 ), ibid, p107

**ثانياً- الوضع المناخي :**

تمتاز الأشكال التضريسية على سطح الأرض بامتلاكها معالم بنيوية وأخرى مناخية، فالتضاريس التي تشترك بأصلها البنيوي، لا تلبث وبمجرد خضوعها لتأثير العوامل المناخية أن تبدأ بفقدان هويتها الأصلية، ومن ثم يتابع المناخ بعناصره المختلفة التدخل مانحاً التضريس خصائصه وسماته المميزة، كما أن التضافر بين تأثيرات المناخ القديم والتذبذبات المناخية الحالية يؤدي إلى خلق تراكب مورفومناخي، يعد نتيجة حتمية لتتالي أوجه النشاط الجيومورفولوجي.

وقد أشار (Tricart) إلى أنه من الممكن تتبع أثر المناخ في تشكيل التضاريس من خلال ردات الفعل المختلفة التي تبديها التكوينات الصخرية المتشابهة في ظل نطاقات مناخية مختلفة [1]، وتؤكد ذلك العديد من الأبحاث التي بينت التباينات الكبيرة في سرعة التحلل الكارستي باختلاف الأقاليم المناخية*.

وعلى الرغم من الأثر الكبير الذي يتركه المناخ بعناصره في رسم ملامح التضريس الأرضي ، فإن البيانات المناخية الحالية لا يمكن أن تقدم صورة حقيقية عما يجري في الواقع، فدرجات الحرارة المأخوذة في الظل وعلى ارتفاع (١- ١.٨) م عن سطح الأرض، لا يمكن تجييرها لتحديد الدور الجيومورفولوجي الفعلي لها، وهذا ينطبق على العناصر المناخية.

من هنا نجد أن التعامل مع البيانات المناخية يمكن أن يعطي صورة عن طريقة تطور التضريس الأرضي، دون أن يقدم نتائج كمية عن هذا التطور.

تتوفر في منطقة الدراسة عدة محطات للرصد الجوي منها محطة عرنة و بيت جن والكسوة والهيجانة، تم اختيارها لتغطي أكبر مساحة ممكنة من الحوض*

وقبل البدء بدراسة العناصر المناخية لابد من تحديد أهم العوامل المؤثرة في مناخ المنطقة :

- **الموقع الفلكي** : تقع منطقة الدراسة بين خطي العرض (33°15َ –33°30′ ) شمالاً وخطي الطول (36°35َ- 35°45′ ) شرقاً أي أن أنها تقع ضمن مجال المناخ شبه المداري Sub-tropical
- **طبوغرافية المنطقة** : إن امتداد الحوض على السفح الشرقي لجبل الشيخ حتى مستوى أساسه المحلي في منخفض الهيجانة، فرض عليه خصائص مناخية مميزة، فهو يقع في منطقة ظل المطر مقارنة لما هو عليه الحال على السفح الغربي لجبل الشيخ، وأدى ذلك إلى سيطرة حركة هابطة للرياح الغربية الرطبة والذي سيؤدي إلى تسخنها وابتعادها عن درجة الاشباع مما انعكس سلباً على كمية الهطل التي تتناقص كلما اتجهنا باتجاه المصب، وأدى فرق الارتفاع الكبير (بين قمة جبل الشيخ البالغة٢٨١٤م و منخفض الهيجانة الواقع على منسوب ٦٠٠ م فوق مستوى سطح البحر) داخل الحوض إلى

---

[1] محمد فائد حاج حسن، (١٩٩٥)، أسس الجيومورفولوجيا المناخية، منشورات جامعة دمشق، دمشق، ص٣٧

* أكدت دراسات (Corbel1957) أن سرعة التحلل الكارستي بلغت في سيبيريا (١،١) MM/KA بينما بلغت في البحر المتوسط (١٠)MM/KA حسب (Nicod1975) وتراوحت بين (٣٧٠- ٤٣٠)MM/KA في أبحاث (Lang1977) في غينية الجديدة، Philippe gombert,(1997) quantification du role des parameters climatiques dans la dissolution karstique, academie des ciences, paris, france, p22

* جميع المحطات الموجودة داخل منطقة الدراسة لا تقدم سوى بيانات عن درجات الحرارة وكمية التهطال، في حين لا تقدم المحطات في جبل الشيخ سوى بيانات تتعلق بكمية التهطال، والبيانات الحرارية المتناولة في الدراسة مأخوذة عن الدراسة التي قام بها معهد لينغبرو فودخوذ والموسومة بعنوان (مشروع الحرمون).

فـرض تدرجيـة مناخيـة واضـحة، فمتوسـط درجـة الحـرارة الـذي يقـع دون الـــ (١٠ْ ) في جبل الشيخ [١]، يصل حتـى(١٩.٥ْ ) فـي الكسوة، كما أن ذلك يؤدي إلـى زيادة تخلخل الهواء مع الارتفاع وتناقص كثافته، مما يدفع إلى تزايد معدل شفافيته للاشعاعات.

إن مايتبع ذلك على الصعيد الجيومورفولوجي ذو أهمية بالغة، فالتباينات الحرارية التي تطال صخور السطح تصبح أكثر أهمية، كما أن كمية التهطال التي تزداد مع زيادة الارتفاع تؤدي في القطاعات العليا إلى سيطرة نشاط حتي واضح بسبب إرتفاع معدلات الانحدار، في حين تسيطر عمليات الترسيب في القطاعين الأوسط والأدنى نتيجة التناقص المفاجئ في معدل الانحدار عند أقدام الجبال والاقتراب من مستوى الأساس االمحلي والمترافقة مع تناقص كبير في كمية التهطال.

وسيتم فيما يأتي دراسة العناصر المناخية الرئيسة في المنطقة :

## ١- درجات الحرارة:

تقوم الحرارة بدور جوهري في عمليات التجوية (Weathering) إذ يقدر أنه مع زيادة في درجة الحرارة قدرها (١٠)مْ تزيد معدلات التفاعل الكيماوي للمواد الصخرية بما يتراوح من مرتين إلى ثلاث مرات[٢]. كما أن تذبذبات درجة الحرارة فوق وتحت الصفر المئوية هي المحرك الرئيس لعملية الانجماد، فتجمد الماء ضمن الصخور وذوبانه يؤدي إلى تغير في حجم الماء بنسبة (١٠%) الأمر الذي يعرض جدران الفجوات ضمن الصخور إلى قوة ضغط مرتفعة تصل إلى (١٥) كلغ/سم٢ ومع تراكم فعل تتالي دورات التجمد والذوبان تبدأ الكسور بالظهور على أسطح الصخور ولا تلبث أجزاء منها بالانفصال عن كتلة الصخرة الرئيسة[٣]، كما تؤثر درجة الحرارة بشكل كبير على قدرة مياه الأمطار على حل غاز $co_2$ في الجو ،فقد أثبتت التجارب المخبرية على أن ليتراً واحداً من المياه في ظل درجة حرارة تحوم حول الصفر المئوي تذيب (٣٣,٦) ملغ/لتر من $co_2$ تنخفض إلى (١٣,١) ملغ/لتر إذا ارتفعت درجة الحرارة إلى (٣٠) درجة مئوية[٤].

إن فرق الارتفاع الكبير داخل منطقة الدراسة بين المنابع والمصب، أدى لظهور فروقات حرارية كبيرة تركت بصماتها من خلال سيطرة أوجه نشاط جيومورفولوجية على أخرى وما سيتبع ذلك من تباينات في الشكل والعملية.

- بلغ متوسط درجة الحرارة في محطة عرنة للفترة الممتدة بين عامي (١٩٩٠-١٩٩٦) حوالي (٩،٣) مْ ،وتراوحت المتوسطات بين (٢،٨) مْ لشهر كانون الثاني و (١٤،٩) مْ في شهر آب، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٤،٤) مما يدل على وجود فوارق واضحة بين متوسطات درجة الحرارة.
- بلغ متوسط درجة الحرارة في محطة الكسوة للفترة بين عامي(١٩٧٩-١٩٩٥) حوالي (١٦،٢) مْ وتراوحت فيم المتوسطات بين (٦،٦) مْ لشهر كانون الثاني و (٢٥،٣) مْ لشهر آب، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٦،٩). وبمقارنة قيم الانحراف المعياري

---

(١) علي موسى، (١٩٩٠)، المناخ الإقليمي، مطبعة الاتحاد، دمشق، ص٣٥٦

(٢) محمد صبري محسوب،(٢٠٠٣)،جيومورفولوجية الأشكال الأرضية،دار الفكر،القاهرة،ص٧٧

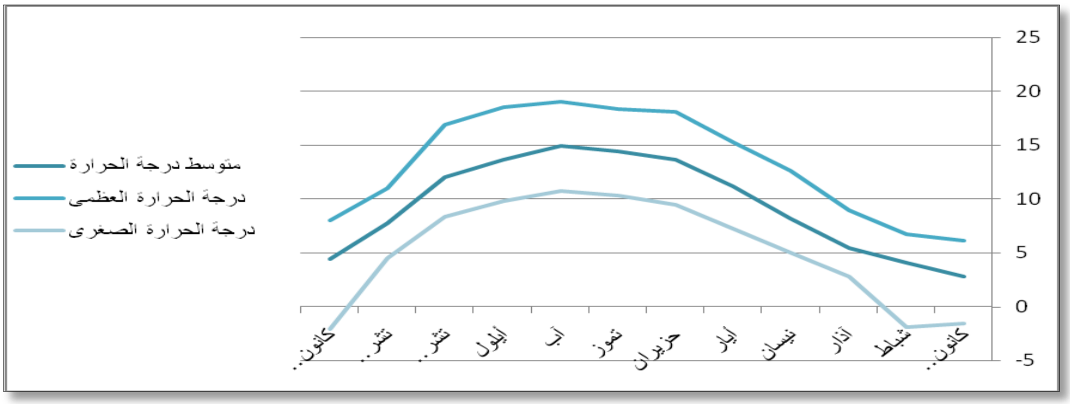
(3)Kevin hall,2001,newinsights into rock weathering from high-frequency rock temperature data:an Antarctic study of weathering by thermal stress, university northern british columbia, canada,p24

(٤) محمد فائد حاج حسن،(١٩٩٥)، مرجع سبق ذكره، ص٩٤

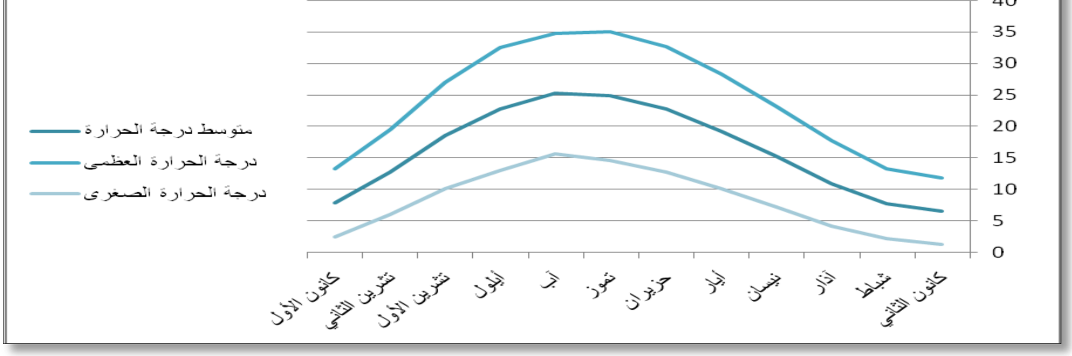
بين المحطتين السابقتين نجد أن التباينات الحرارية تزداد كلما اتجهنا باتجاه مصب النهر ويعلل ذلك بتناقص في قيم الرطوبة النسبية(زيادة في سيطرة الظروف القارية).

- بلغت قيمة متوسط درجة الحرارة العظمى في محطة عرنة (١٢،٣) مْ وتراوحت القيم بين (١٩) مْ لشهر آب و(٦،١) مْ لشهر كانون الثاني، في حين بلغت قيمة الانحراف المعياري (٤،٩). بينما بلغت قيمة متوسط درجة الحرارة الصغرى (٥،٢) مْ وتراوحت قيمها بين (١٠،٧) مْ في شهر آب و (-١،٩) مْ في شهر شباط، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٤،٩).
- بلغت قيمة متوسط درجة الحرارة العظمى في محطة الكسوة حوالي (٢٤،١) مْ وتراوحت القيم بين (٣٥،١) مْ لشهر آب و (١١،٩) مْ لشهر كانون الثاني، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٨،٧). في حين بلغت قيمة متوسط درجة الحرارة الصغرى (٨،٣) وتراوحت القيم بين(١٥،٧) مْ لشهر آب و(١،٣) مْ لشهر كانون الثاني، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٥،١).

من خلال البيانات السابقة والشكلين رقم (٧) (٨) يلاحظ أن قيم درجات الحرارة تزداد بالاتجاه من عالية النهر باتجاه المصب، كما أن قيم الانحراف المعياري بين المحطتين السابقتين تشير إلى أن التباينات الحرارية تزداد كلما اتجهنا باتجاه مصب النهر، وتزداد قيم الانحراف المعياري لدرجة الحرارة العظمى في محطة الكسوة عن مثيلاتها في عرنة، وهذا يدل على زيادة في سيطرة المناخ القاري، في حين أن قيم الانحراف المعياري لدرجة الحرارة الصغرى تتقارب في المحطتين، وهذا يعود إلى ارتفاع قيمة الرطوبة النسبية في الليل التي تعمل على تلطيف التباينات في درجات الحرارة الصغرى.



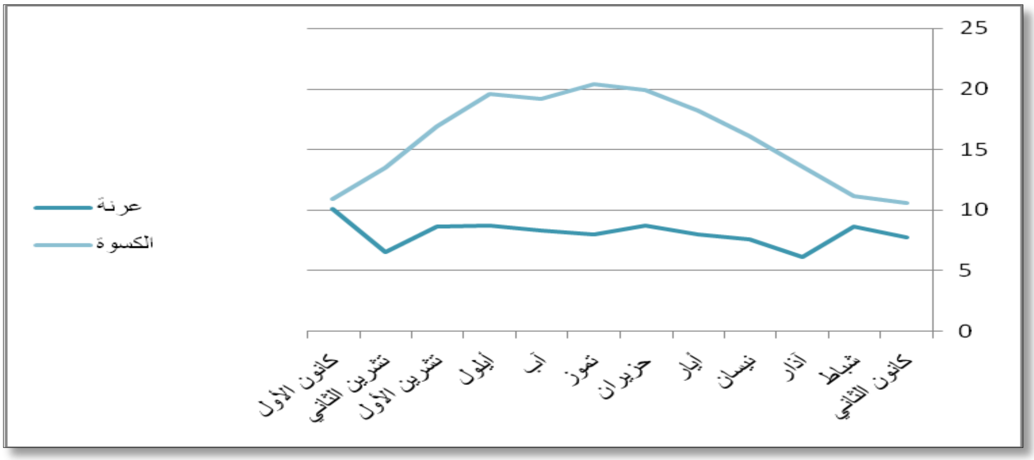

**الشكل البياني رقم (٧) يبين متوسطات درجات الحرارة في محطة عرنة للفترة بين عامي (١٩٩٠-١٩٩٦)**




**الشكل البياني رقم (٨) يبين متوسطات درجات الحرارة في محطة الكسوة للفترة بين عامي(١٩٧٩-١٩٩٥)**

أما من ناحية الفروق بين درجات الحرارة الصغرى والعظمى، فلوحظ أنها راوحت في محطة عرنة بين (١٠،١) مْ لشهر كانون الأول و (٦،١) لشهر آذار، بينما راوحت بين (٢٠،٤) مْ لشهر تموز و (١٠،٦) مْ لشهر كانون الثاني في محطة الكسوة.

من المعطيات السابقة والشكل البياني رقم (٩) يلاحظ أن نشاط التجوية الحرارية يبلغ أوج فاعليته في القطاعين الأوسط والأدنى من الحوض خلال فصل الصيف، إذ تبلغ التباينات بين الحرارة العظمى والصغرى أشدها، في حين أن نشاط الانجماد يبرز في أشهر الشتاء في عالية الحوض إذ تشتد الذبذبات الحرارية فوق ودون الصفر المئوية، إلا أنه وحسب معطيات إدارة الموارد المائية لحوض بردى والأعوج، فإن المناطق التي يزيد ارتفاعها عن (٢٠٠٠)م تظل مغطاة بالثلوج طيلة فترة الشتاء والربيع حتى بدايات فصل الصيف مما يحول دون تعرض الصخور لتذبذبات درجات الحرارة المذكورة، ويضعف بذلك تأثير نشاط الانجماد .




**الشكل رقم (٩) يبين الفرق بين متوسطات درجات الحرارة العظمى والصغرى في محطتي عرنة والكسوة (١٩٧٩-١٩٥٩)**

## ٢- الهطل:

للهطل أثر بالغ الأهمية في عمليات التجوية والحت والتعرية، بالإضافة إلى نماذج التهطال المختلفة التي تحدد من جانبها نماذج أو أشكال الجريان المائي السطحي ومن ثم يحدد أثرها الجيومورفولوجي.

كما أن لحجم قطرات المطر المتساقط ودرجة حرارتها أهمية كبيرة على الصعيد الجيومورفولوجي، فكلما كان حجم قطرات المطر أصغر(رذاذ) استغرقت فترة أطول للوصول إلى سطح الأرض مما يوفر لها الفرصة لحل كميات إضافية من ($co_2$) كما أن درجة حرارة مياه التهطال تلعب دوراً جوهرياً في تحديد قدرة هذه المياه على حل وإذابة ($co_2$) إذ ترتفع هذه القدرة مع انخفاض درجة حرارة المياه، لذلك فإن الثلج المتساقط يمتلك قدرة أكبر على حل ($co_2$) وتشكيل حمض الكربون الذي تستخدمه المياه الناجمة عن ذوبان الثلوج كسلاح تهاجم به الصخور الكربوناتية، هذا بالإضافة إلى الأثر الناجم عن سقوط قطرات المطر والطاقة المتحررة عن ارتطامها بسطح الأرض والتي تتناسب طرداً مع حجم قطرات المطر [١] .

[١] محمد فائد حاج حسن،(١٩٩٥)، مرجع سبق ذكره، ص١٩٢-١٩٩

وقد أشار ( Ugur dogan2005 ) إلى عملية التميه ( Hydrolysis) والإذابة *التي يقوم بها الماء في الطبيعة التي تؤدي إلى إضعاف تماسك وصلابة الصخر(1).

**التوزع السنوي للأمطار:**

إن دراسة التوزع السنوي للأمطار تمكن من تحديد الاتجاه العام لها وتذبذباتها وسماتها العامة، مما يساعد على تحديد أثرها الجيومورفولوجي .

- بلغت قيمة المتوسط العام للأمطار في محطة عرنة حوالي (٧٠٠) ملم / سنة للفترة الممتدة بين عامي (١٩٧٨-٢٠٠١) وراوحت قيم التهطال بين (١١٠٣) ملم/ سنة و(٢٩٨) ملم/ سنة، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٢١٠) ملم، مما يدل على التباين الشديد في كمية التهطال.
- بلغت قيمة المتوسط العام للأمطار في محطة بيت جن حوالي (٨١٠) ملم/ سنة وراوحت القيم بين(١٨٣٦) ملم/ سنة و (١٣١) ملم/ سنة، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٣٣٩) ملم.
- بلغت قيمة المتوسط العام للأمطار في محطة زاكية (١٩٠) ملم/ سنة للفترة بين عامي (١٩٧٨-١٩٩٨)، وراوحت القيم بين(٤٣٥) ملم/ سنة و (٥٩) ملم/ سنة، بينما بلغت قيم الانحراف المعياري (٩٢).
- بلغت قيمة المتوسط العام للأمطار في محطة الهيجانة (١٢٤) ملم/ سنة، للفترة الممتدة بين عامي (١٩٧٦- ١٩٩٠)، وراوحت القيم بين (٢٣٥) ملم/ سنة و (٥٤) ملم/ سنة وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٥٥).

من خلال البيانات السابقة والأشكال البيانية رقم (١٠) (١١) (١٢) (١٣) نلاحظ:

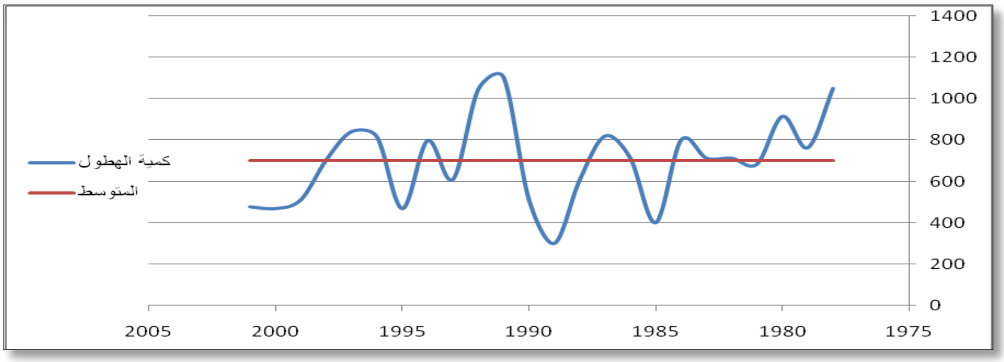
إن متوسط كمية التهطال في محطة بيت جن أكبر مما هو عليه في محطة عرنة رغم التقارب المكاني للمحطتين، ويعزى السبب في ذلك إلى أن المنخفضات الجبهية (المصدر الرئيس للتهطال في المنطقة) تفضل في أثناء مرورها المناطق المنخفضة مما يزيد في كمية التهطال في بيت جن**. كما وترتبط قيم الانحراف المعياري المرتفعة بنموذج التهطال السائد (الجبهي) والتي ترتبط من جانبها بعدد وشدة هذه المنخفضات. وتتناقص كمية التهطال بالاتجاه من عالية الحوض نحو سافلته مترافقة بانخفاض قيم الانحراف المعياري(تناقص في تذبذبات التهطال كما تشير الأشكال البيانية)، أي أن قيم الانحراف المعياري تزداد مع زيادة كمية التهطال.

---

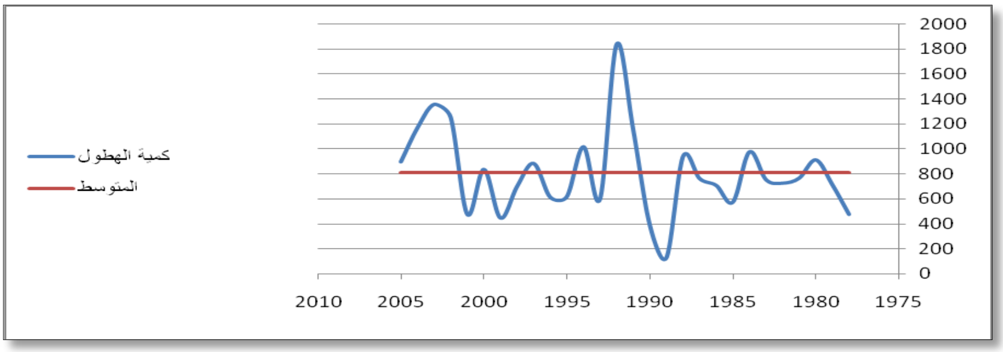
* وهي العملية يقوم بها الماء في الطبيعة والتي تؤدي إلى إضعاف تماسك وصلابة الصخر. حيث يتم التفاعل بينه وبين أحد العناصر المكونة للصخر فيتحد (OH) مع أحد أجزاء الصخر و (+H) مع جزء آخر فينشأ عنصر جديد أقل تماسكاً من العنصر الأصلي الأمر الذي يؤدي إلى إضعاف تماسك وصلابة الصخر. إضافة إلى عملية الإذابة التي تتم عبر عملية التحلل التام لمعادن الصخور كالصخور الملحية أو الكلسية إلى الأيونات (Ions) التي تتكون منها هذه المعادن بفعل مياه

(1)ugur dogan,(2005),land subsidence and caprock dolines caused by subsurface gypsum dissolution and the effect of subsidence on thefluvial system in the upper tigris basin(between bismil- batman, turkey),Ankarauniversity,turkey,p390

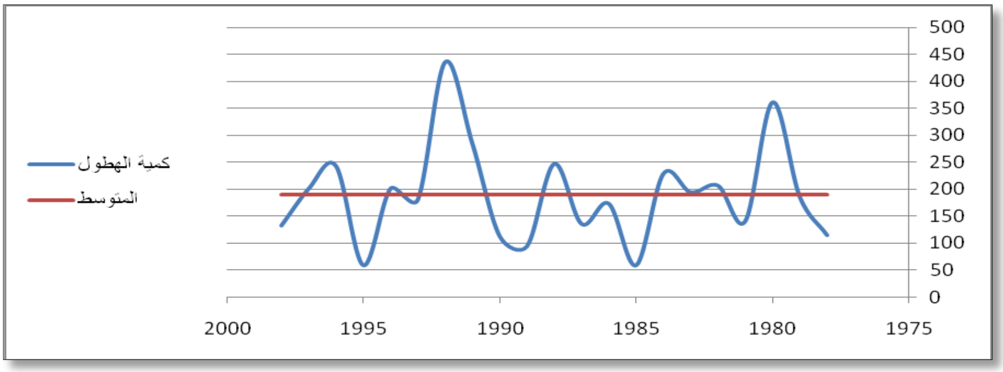
** لعب الوضع التضريسي هنا دوراً مزدوجاً فمن جهة أدى ارتفاع المنطقة إلى زيادة كمية التهطال ومن جهة أخرى أدت لظهور تباينات مكانية في كميته كزيادة الأمطار في بيت جن الواقعة على ارتفاع ١١٠٠م مقارنة بعرنة الواقعة على ارتفاع ١٤٠٠م



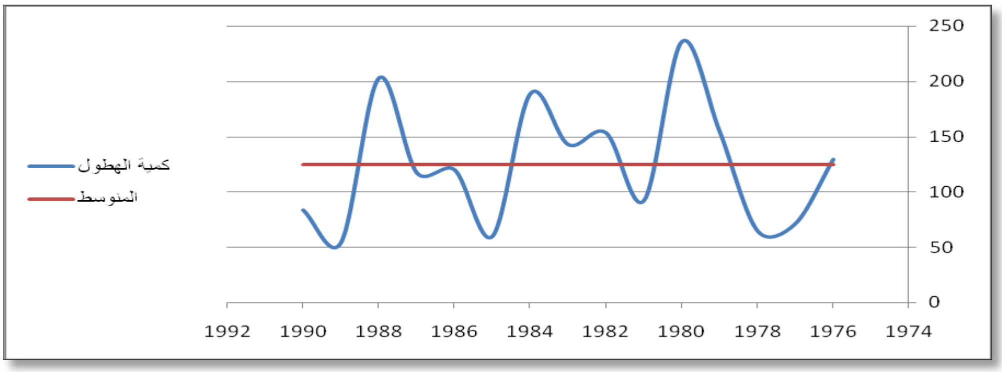

الشكل رقم (١٠) كمية التهطال السنوية في محطة عرنة و المتوسط العام للفترة بين عامي (١٩٧٨-٢٠٠١)




الشكل رقم (١١) كمية التهطال السنوية في محطة بيت جن وقيمة المتوسط العام للفترة بين عامي (١٩٧٨-٢٠٠٥)




**الشكل رقم (١٢) كمية التهطال السنوية في محطة زاكية وقيمة المتوسط العام للفترة بين عامي (١٩٧٨-١٩٩٨)**




**الشكل رقم (١٣) كمية التهطال السنوية في محطة الهيجانة و المتوسط العام للفترة بين عامي (١٩٧٦-١٩٩٠)**

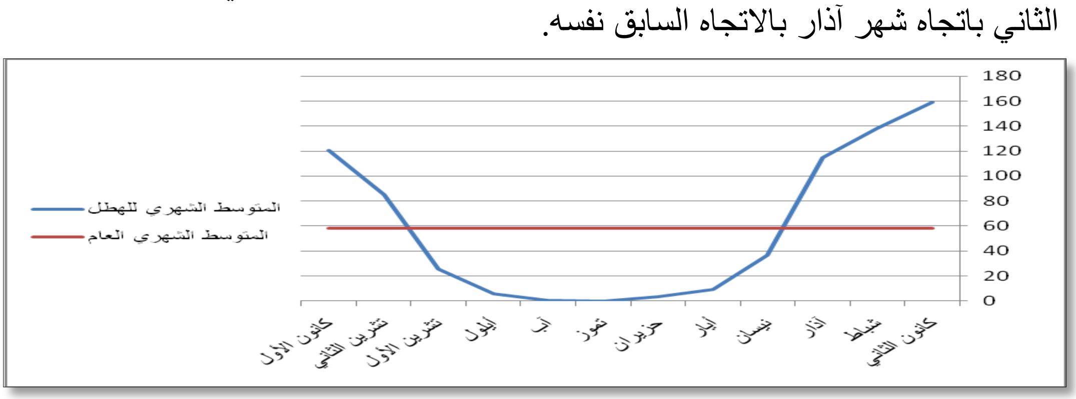
**التوزع الشهري للأمطار:**

إن دراسة متوسطات التهطال الشهرية، ذات فائدة أكبر من مثيلاتها السنوية، فهي تفيد في تحديد فصلية التهطال وطبيعته من خلال مقارنته بقيم التدفقات النهرية

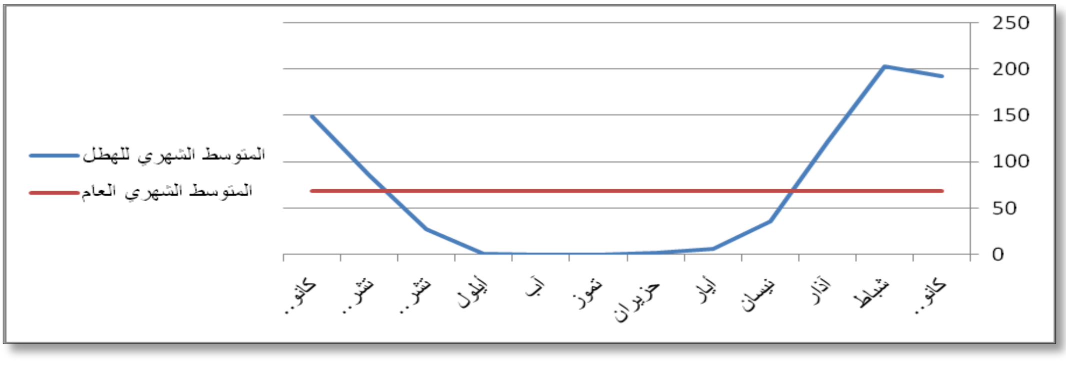
- بلغت قيمة المتوسط الشهري للتهطال في محطة عرنة حوالي (٥٨) ملم/ شهر، وراوحت القيم بين (١٥٩) ملم/ شهر لشهر كانون الثاني و (صفر) ملم/ شهر لشهر تموز بينما بلغت قيمة الانحراف المعياري (٦٠)
- بلغت قيمة المتوسط الشهري للتهطال في محطة بيت جن حوالي (٦٨) ملم/ شهر وراوحت القيم بين (٢٠٣) ملم/ شهر لشهر شباط و (٠) ملم/ شهر لشهري تموز و آب بينما بلغت قيمة الانحراف المعياري (٧،٦٨)
- بلغت قيمة المتوسط الشهري للتهطال في محطة زاكية حوالي (١٦) ملم/ شهر وراوحت القيم بين (٤٢) ملم/ شهر لشهر شباط و (٠) ملم/ شهر لشهري تموز و آب بينما بلغت قيمة الانحراف المعياري (١٧).
- بلغت قيمة المتوسط الشهري للتهطال في محطة الهيجانة حوالي (١٠) ملم/ شهر وراوحت القيم بين (٢٢) ملم/ شهر لشهر آذار و (٠) ملم/ شهر لشهري تموز و آب وأيلول بينما بلغت قيمة الانحراف المعياري (٩)

من خلال البيانات السابقة والمخططات البيانية رقم (١٤) (١٥) (١٦) (١٧) نلاحظ :

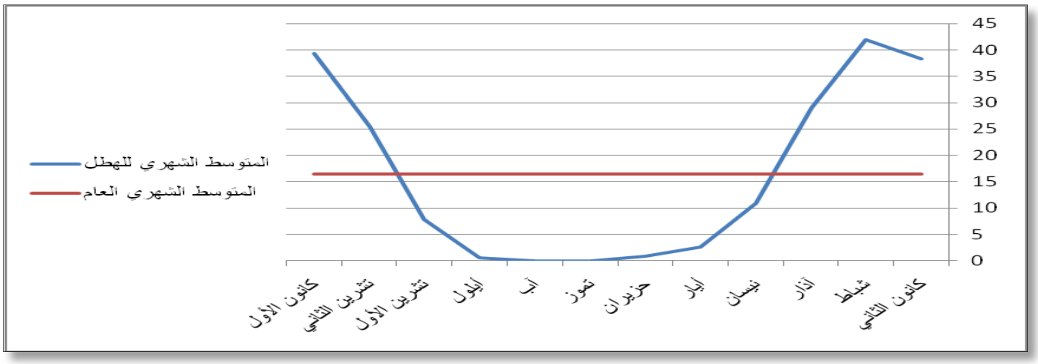
تتناقص معدلات التهطال داخل الحوض بالاتجاه نحو المصب لتبلغ هناك حوالي ١٠% من كمية التهطال في منطقة المنابع، وتتناقص أيضاً قيمة التباينات في متوسطات التهطال الشهرية بالاتجاه نفسه. و يلاحظ تشابه في الأشهر التي تتجاوز فيها كمية التهطال المتوسط الشهري العام مما يدل على أن مصدر هذه التهطالات واحد وهو المنخفضات الجبهية التي يقل محتواها من الرطوبة باتجاه المصب، كما أن أشهر التهطال الأعظمي تتجه من شهر كانون الثاني باتجاه شهر آذار بالاتجاه السابق نفسه.



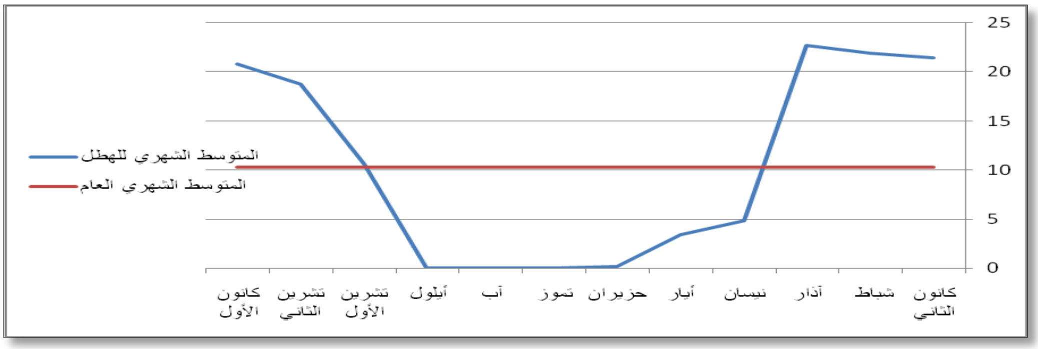

الشكل البياني رقم(١٤) المتوسط الشهري والمتوسط الشهري العام في محطة عرنة (١٩٧٨-٢٠٠١)




الشكل البياني رقم(١٥) المتوسط الشهري والمتوسط الشهري العام في محطة بيت جن (١٩٧٨-٢٠٠٥)



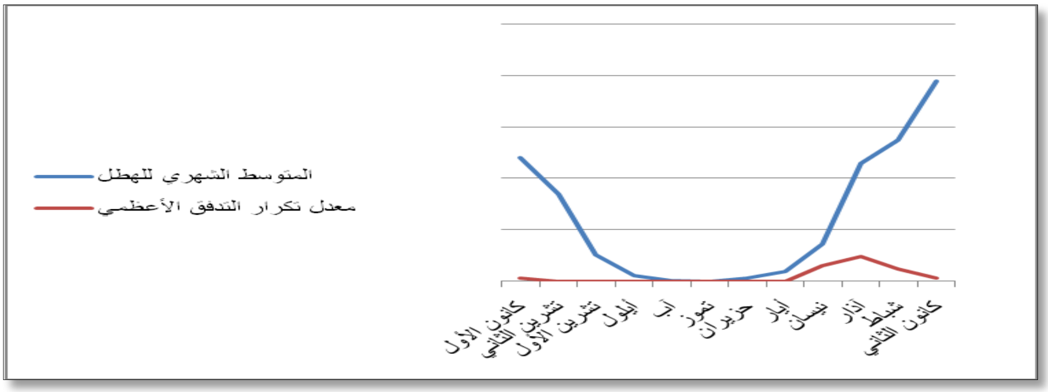

الشكل البياني رقم(١٦) المتوسط الشهري والمتوسط الشهري العام في محطة زاكية (١٩٧٨-١٩٩٨)



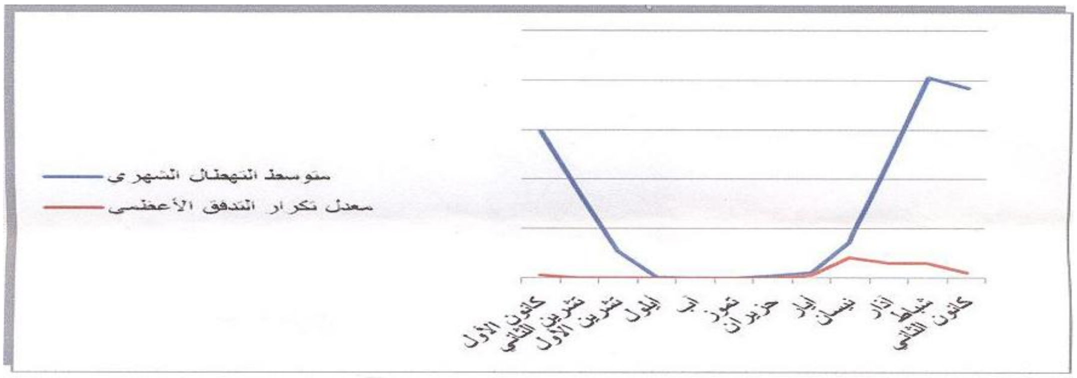

الشكل البياني رقم(١٧) المتوسط الشهري والمتوسط الشهري العام في محطة الهيجانة (١٩٧٦-١٩٩٠)

وبمقارنة متوسطات التهطال الشهرية مع التدفقات الأعظمية في محطتي عرنة وبيت جن نجد أن التدفقات الأعظمية في عرنة تتركز في شهر آذار بالدرجة الأولى يليها شهر نيسان ثم شهر شباط أي أنها لم تترافق مع الأشهر الأكثر تهطالاً، وهي كانون الثاني وشباط وكانون الأول. ويلاحظ الأمر نفسه في محطة بيت جن إذ يتركز التدفق الأعظمي بالدرجة الأولى في شهر نيسان يليه شهر آذار ثم شهر شباط، في حين يتركز التهطال عموماً في أشهر شباط و كانون الثاني وكانون الأول المخططان(١٨) (١٩) .

نستنتج مما سبق أن الجريان في فرعي نهر الأعوج الجناني وبحيران يعتمدان بالدرجة الأولى على مياه ذوبان الثلوج المترافقة مع ارتفاع درجات الحرارة، ويفسر بلوغ بحيران تدفقه الأعظمي قبل الجناني في أن بحيران يعتمد في جريانه على مياه ذوبان الثلوج التي تصله مباشرة من السفوح الشديدة الانحدار التي تطل عليه مما لا يسمح للمياه بالتسرب ضمن الطبقات الجيولوجية ، بينما يعتمد فرع الجناني في جريانه على مياه ذوبان الثلوج المتسربة ضمن الطبقات الصخرية والتي تتفجر على شكل ينابيع مشكلة المصدر الرئيس لمياه الجريان السطحي.




الشكل البياني رقم(١٨) **المتوسط الشهري للتهطال ومعدل تكرار التدفق الأعظمي في محطة عرنة**




**الشكل البياني رقم(١٩) المتوسط الشهري للتهطال ومعدل تكرار التدفق الأعظمي في محطة بيت جن**

**ثالثاً- الوضع الطبوغرافي:**

تعد فروق الارتفاعات والانحدارات واتجاهات السفوح من أهم العناصر الطبوغرافية التي ينعكس أثرها على الأنشطة والأشكال الجيومورفولوجية، ففي حين تسيطر عمليات الحت في المرتفعات، تشكل المناطق المنخفضة أماكن لتراكم نتاج هذا النشاط ومؤدية لتناقص فرق الارتفاع العام في الأحواض النهرية وتناقص معدلات انحدار السفوح الجبلية، مما يدفع إلى تغيرات في الأشكال والعمليات السائدة (الحت والنقل والترسيب). إضافة إلى تأثيره على أساليب الحت المختلفة ففي حين يسيطر الحت الرأسي في القطاع الأعلى من الحوض تكون السيطرة للحت الجانبي في القطاعين الأوسط والأدنى في الحوض.

كما ويؤثر اتجاه السفوح بشكل كبير في تطورها، وسيطرة أوجه نشاط جيومورفولوجي على أخرى، فقيم الفروقات الحرارية تزداد في السفوح المواجهة لأشعة الشمس مما يتيح الفرصة لسيطرة نشاط التجوية الحرارية والتجمد بفعالية اكبر مما هو عليه الحال في السفوح المعاكسة. كذلك فإن السفوح المواجهة للرياح والأمطار يكون الحت فيها أكثر فعالية من السفوح الواقعة في ظل المطر.

١- **الارتفاعات:**

إن موقع حوض الأعوج عند التقاء نطاق الطيات التدمرية مع نطاق منخفض جبل العرب فرض عليه وضعاً طبوغرافياً خاصاً، إذ يظهر التفاوت الواضح في الارتفاع بين المنابع والمصب والذي يبلغ (٢٢١٤)م. فبداية من المنبع حيث أعلى الارتفاعات في الحوض يكون فرق الارتفاع على أشده ، فهو يصل بين قمة جبل الشيخ ومنطقة عرنة التي تبعد عنها مسافة (٥،٥ كم) حوالي (١٤٠٠)م، وهذا دليل على شدة العمليات البنائية التي تعرضت لها المنطقة، والتي ستنعكس بالآتي على شدة عمليات الحت في المنطقة. وبالاتجاه شرقاً تأخذ الارتفاعات بالتناقص بصورة سريعة لتصل عند أقدام جبل الشيخ وبداية سهل قطنا إلى حوالي (١٠٠٠ م)، الصورة رقم (٧).



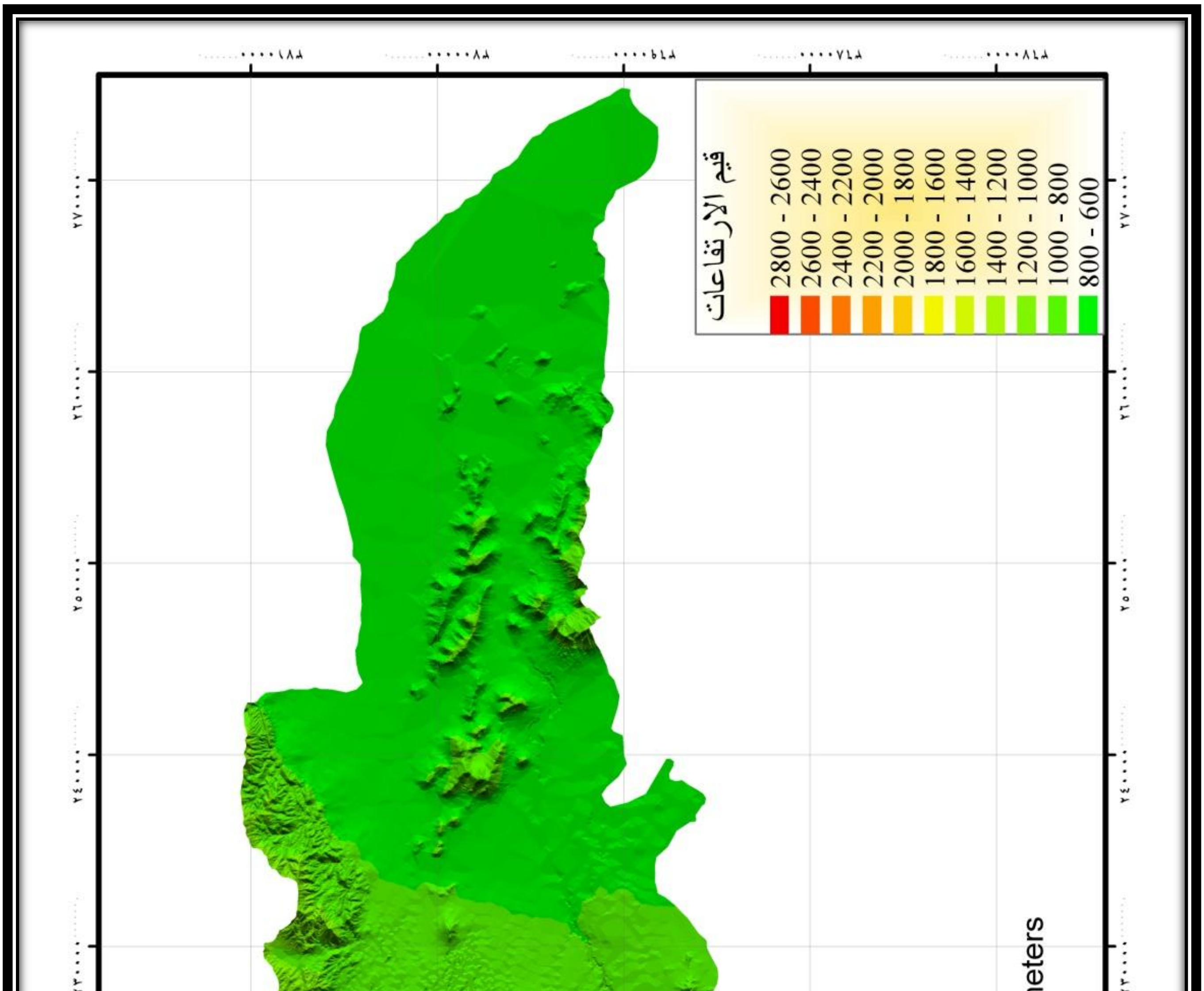
الصورة رقم(٧)
تبــين التنــاقص الكبيــر و السريع فـي الارتفاعـات عنـد أقـدام جبـل الشـيخ وبداية سهل قطنا.

ويستمر تدرج تناقص الارتفاع منتظماً حتى المصب، ولا يقطع هذا الانتظام إلا مجموعة الكتل الاندفاعية التي تشكل كل من جبل المانع وأبو عطريز والتنورية وجب الكلب واسبينة والتي تتراوح ارتفاعاتها بين (٨٠٠- ٩٠٠)م .

يمكن تقسيم الحوض إلى وحدتين طبوغرافيتين رئيستن، تمثل الوحدة الأولى القطاعين الأوسط والأدنى من الحوض ضمن قيم ارتفاع (٦٠٠- ١٢٠٠)م وتحتل مساحة ( ٤،٩٥٨) كم٢ أي نسبة (٢،٨٤%) من مساحة الحوض، بينما تمثل الوحدة الثانية القطاع الأعلى من الحوض ضمن قيم ارتفاع (١٢٠٠- ٢٨١٤)م وتبلغ مساحته حوالي (٤،١٧٩) كم٢ أي نسبة (٧،١٥%) من مساحة الحوض.

ومن خلال الملحق رقم (٢) الذي يبين المساحات المحصورة بين خطوط الكنتور نجد مايأتي

١- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (٢٦٠٠- ٢٨٠٠)م حوالي (٨،٠) كم٢ أي مايعادل (٠.٠٧%) من مساحة الحوض.
٢- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (٢٤٠٠- ٢٦٠٠)م حوالي (٣،٢) كم٢ أي مايعادل (٠.٢%) من مساحة الحوض.
٣- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (٢٢٠٠- ٢٤٠٠)م حوالي (٧،٧) كم٢ أي مايعادل (٠.٦٧ %) من مساحة الحوض.
٤- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (٢٠٠٠- ٢٢٠٠)م حوالي (٢،١٧) كم٢ أي مايعادل (١.٥١%) من مساحة الحوض.
٥- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (١٨٠٠- ٢٠٠٠)م حوالي (٨،٢٣) كم٢ أي مايعادل (٢.٠٩%) من مساحة الحوض.
٦- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (١٦٠٠- ١٨٠٠)م حوالي (٩،٣٤) كم٢ أي مايعادل (٣.٠٦%) من مساحة الحوض.
٧- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (١٤٠٠- ١٦٠٠)م حوالي (٥،٣٩) كم٢ أي مايعادل (٣.٤٧%) من مساحة الحوض.
٨- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (١٢٠٠- ١٤٠٠)م حوالي (٢،٥٣) كم٢ أي مايعادل (٤.٦٧%) من مساحة الحوض.
٩- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (١٠٠٠- ١٢٠٠)م حوالي (١،١١٦) كم٢ أي مايعادل ( ١٠.٢%) من مساحة الحوض.
١٠- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (٨٠٠- ١٠٠٠)م حوالي ( ٦،٢٨٠) كم٢ أي ما يعادل (٢٤.٦٦%) من مساحة الحوض.
١١- تبلغ مساحة المنطقة الواقعة بين منسوب (٦٠٠- ٨٠٠)م حوالي (٧،٥٦١) كم٢ أي ما يعادل (٤٩.٣٦%) من مساحة الحوض.




الخريطة رقم (٤) يوضح قيم الارتفاعات في حوض الأعوج

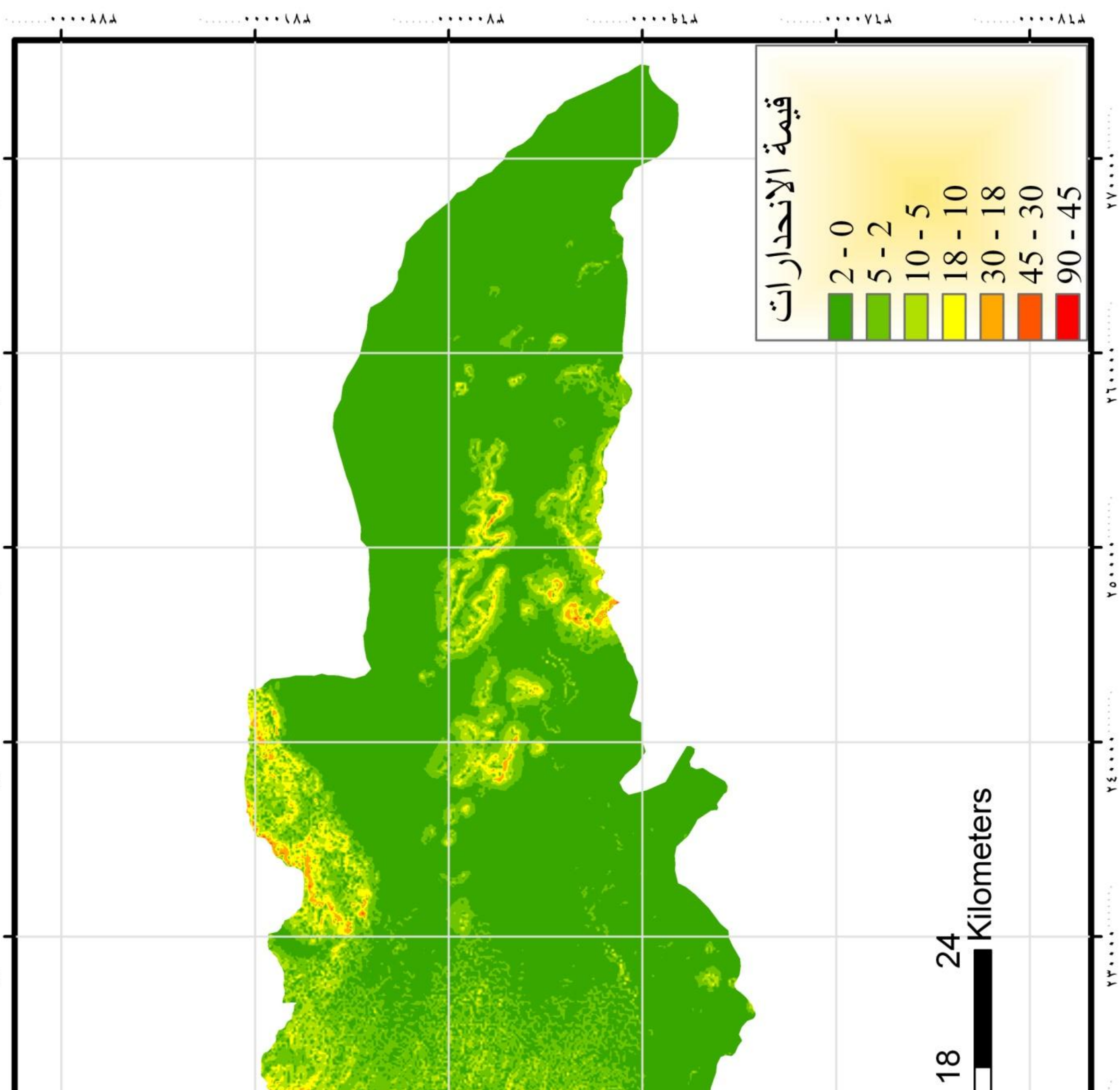
٢- **الانحدارات:**

تقوم درجة الانحدار بدور كبير في توجيه حركة العديد من العمليات الجيومورفولوجية السطحية، فبينما تسود عمليات الحت في القطاعات متوسطة و شديدة الانحدار، تسيطر عمليات الترسيب في القطاعات قليلة الانحدار ساعية إلى تقليص فروق الارتفاعات والوصول إلى مرحلة شبه السهل، وبالمقابل تنشط عمليات التحلل والذوبان في المناطق قليلة الانحدار وتصبح أقل فعالية كلما زادت درجة الانحدار.

لقد ترك العامل الجيولوجي بصماته بوضوح على الانحدارات داخل الحوض، ففي نطاق منخفض (جبل العرب) تسيطر الانحدارات اللطيفة، ويستثنى من ذلك الكتل الاندفاعية وسط الحوض أما الجزء الغربي منه (نطاق الطيات التدمرية)، فتسيطر السفوح متوسطة وشديدة الانحدار، عاكسة مستوى التخلعات البنيوية في المنطقة ومؤدية لسيطرة النشاط الحتي فيه، الخريطة (٥).

ومن خلال الملحق رقم (٣) الذي يبين قيم الانحدار داخل الحوض نلاحظ ما يأتي:

١- تبلغ مساحة المناطق التي يتراوح انحدار سطحها بين (٠-٢) درجة حوالي (٧،٦٩٧) كم٢، أي مايعادل (٦١.٣٣%) من مساحة الحوض وتتوافق مع التوضعات الجيولوجية الرباعية والسهل الفيضي لنهر الأعوج.
٢- تبلغ مساحة المناطق التي يتراوح انحدار سطحها بين (٢-٥) درجة حوالي (٤،١٩٧) كم٢، أي ما يعادل (١٧.٣٥%) من مساحة الحوض وتتوافق مع المنطقة الهضبية وتوضعات الحقب الثالث.
٣- يندرج تحت فئة الانحدار (٥-١٠) درجة مساحة تعادل (٤،١٠٦) كم٢ أي حوالي (٩.٣٥%) من مساحة الحوض وهي تتوافق مع مناطق أقدام الجبال.
٤- تبلغ مساحة المناطق التي يتراوح انحدارها بين (١٠- ١٨) درجة (٦،٧٤) كم٢، أي ما يقارب (٦.٥٥%) من مساحة الحوض.
٥- تبلغ مساحة المناطق ذات الانحدار الشديد والذي يتراوح بين (١٨- ٣٠) درجة (١،٤٥) كم٢، أي (٣.٩٦%) من مساحة الحوض .
٦- تبلغ مساحة المناطق ذات الانحدار الشديد جداً والرأسي (٣٠-٩٠) درجة (٤،١٧) كم٢، أي (١.٥٢%) من مساحة الحوض، وجميع القيم السابقة تتفق مع انحدارات التلال والمرتفعات ومناطق الصدوع والجروف .




الخريطة رقم (٥) يبين قيم الانحدار في حوض الأعوج

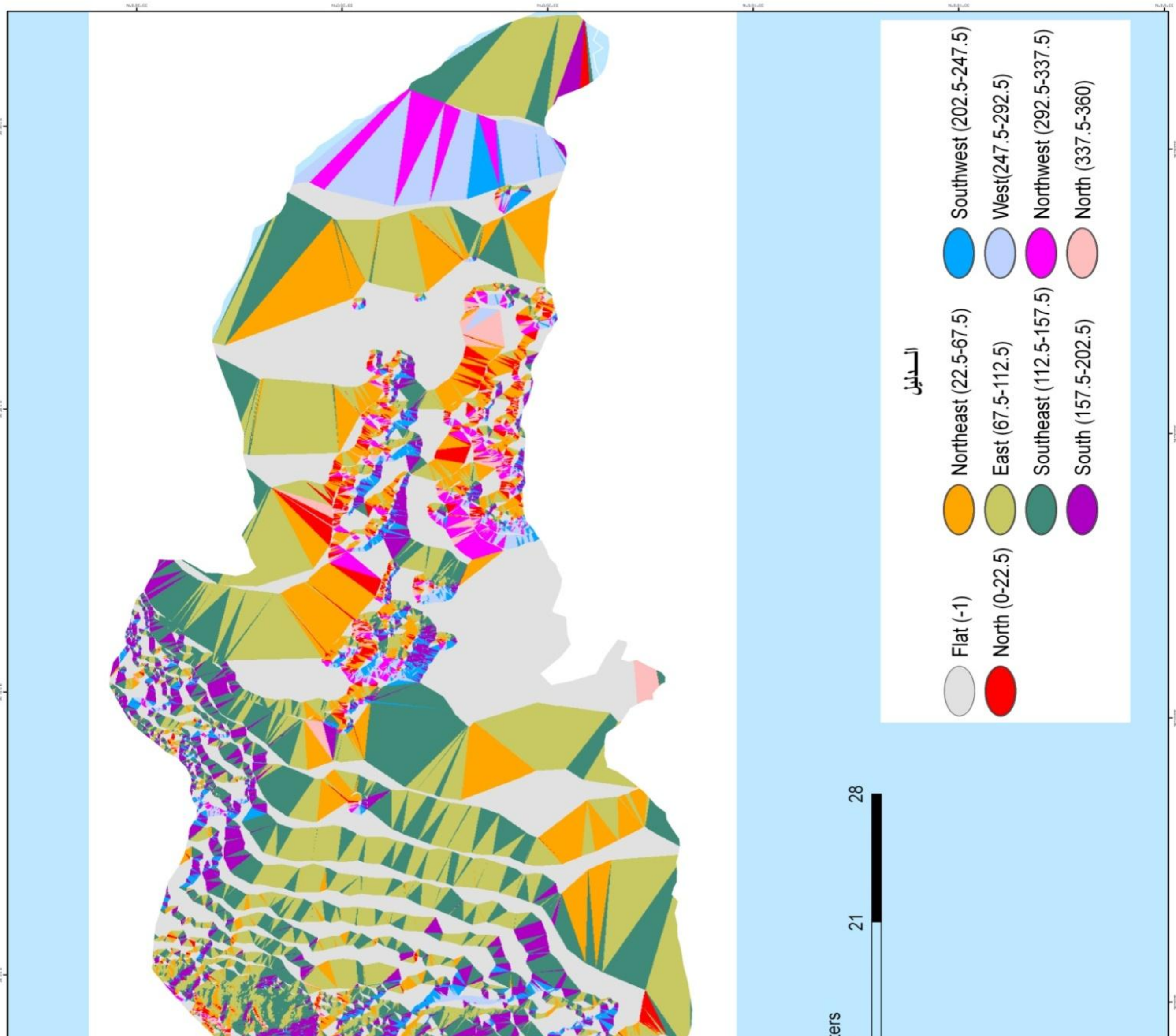
٣- **اتجاه السفوح :**

يؤثر اتجاه السفوح بشكل كبير في العمليات الجيومورفولوجية، فالسفوح الأكثر عرضة للتشمس، تخضع لتباينات حرارية أشد مما هو عليه الحال في السفوح المقابلة وبذلك يصبح أثر نشاط التجوية الحرارية أكثر وضوحاً، كما أن السفوح المواجهة لحركة المنخفضات الجوية تصبح أكثر تأثراً بأعمال الحت من السفوح المعاكسة .

وداخل منطقة الدراسة تكون السفوح ذات الاتجاه الجنوبي أكثر تشمساً من السفوح الشمالية، كما أن السفوح الغربية والجنوبية الغربية تكون مواجهة لحركة المنخفضات الجبهية المصدر الرئيس للتهطال في المنطقة ومن ثم تنشط عليها أعمال الحت مقارنة بالسفوح الشرقية والجنوبية الشرقية والشمالية الشرقية الخريطة رقم (٦).

ومن خلال الملحق رقم (٤) الذي يبين اتجاه السفوح داخل الحوض، نلاحظ ما يأتي:

١- تبلغ مساحة المناطق المستوية (٥،٣٢٧) كم٢ أي نسبة (٢٨.٧%) من مساحة الحوض.
٢- تغطي السفوح ذات الاتجاه الشمالي والشمالي الشرقي والشمالي الغربي مساحة (٢،٢٦٧) كم٢، أي نسبة (٢٣.٣٥%) من مساحة الحوض.
٣- السفوح ذات الاتجاه الجنوبي والجنوبي الشرقي والجنوبي الغربي تغطي مساحة (٣،٣٥٢) كم٢، أي نسبة (٣٠.٨%) من مساحة الحوض.
٤- السفوح ذات الاتجاه الغربي تشمل مساحة (٨،١٠٥) كم٢، أي (٩.٢%) من مساحة الحوض.
٥- تغطي السفوح ذات الاتجاه الشرقي (٨٥) كم٢، أي نسبة (٧.٤%) من مساحة الحوض.




الخريطة رقم (٦) يبين اتجاهات السفوح داخل حوض الأعوج

# الفصل الثاني

## خصائص حويضات التصريف المائي

أولاً- الخصائص المساحية لأحواض التصريف .

ثانياً- أشكال أحواض التصريف المائي.

ثالثاً- خصائص أسطح التصريف المائي.

رابعاً- علاقات الارتباط بين خصائص أحواض التصريف المائي.

تعد أحواض التصريف المائي إحدى أهم الأنظمة الجيومورفولوجية، باعتبارها النظام الأكثر حساسية للتغيرات والتذبذبات التي تطرأ على عناصر الوسط الطبيعي، عاكسة بذلك الظروف الجيولوجية والمناخية الحالية ومتضافرة مع تراكبات مورفومناخية، هي نتيجة حتمية لهذه التغيرات .

ولإبراز مدى تشابك العلاقات داخل نظم التصريف النهرية أشار(حاج حسن ١٩٩٥) [١] لمفهوم نظام تطور التضاريس مشيراً إلى أنه يتضمن سلسلة من أوجه النشاط المتباينة التي تتحكم بها الظروف المناخية والبنيوية السائدة، إذ تشمل الأوجه الآتية:

١- التجوية بأنواعها (الفيزيائية والكيميائية والحيوية)
٢- حركة الأنقاض والفتات المتكون نتيجة نشاطي الزحف والسيلان
٣- حت وتعمق رأسي ناجم عن تعمق خطوط القاع (Talwegs)
٤- تصريف مياه النهر، وجرف الفتات والأنقاض ونقلها
٥- ترسب الأنقاض نتيجة تناقص معدل انحدار المقطع الطولاني للنهر

ونتيجة لتضافر الفعاليات المذكورة، يتخذ الحوض النهري والسفوح والقمم المطلة عليه ملامحه وصفاته .

هذا وستتم دراسة حويضات التصريف المائي وفق ما أشار إليه كل من Doornkamp & King (1971) [٢]، وعُرف بالأسس الأربعة للتحليل المورفومتري ، وهي :

١- دراسة العلاقات بين الخصائص المورفومترية .
٢- تحديد العلاقة بين خصائص حويضات التصريف( نوع الصخر، وخصائص السطح.. ) من جهة، وخصائص الشبكات المائية من جهة أخرى، وعلاقتها بالمناطق المجاورة لها.
٣- وضع تقسيم موضوعي لأحواض التصريف ذات الخصائص المتشابهة ، ومقارنتها بالوضع المورفولوجي الإقليمي للمنطقة ، وتساعد هذه الخطوة في تحديد كيفية تطور كل مجموعة ، فالتشابه في الخصائص المورفومترية بالإضافة إلى التشابه بالأشكال، يقتضي التشابه في آلية التطور .
٤- دراسة حويضات التصريف باعتبارها وحدات مستقلة لكل منها أشكالها وخصائصها .

وفيما يأتي أهم الخصائص المورفومترية التي ستتم دراستها :

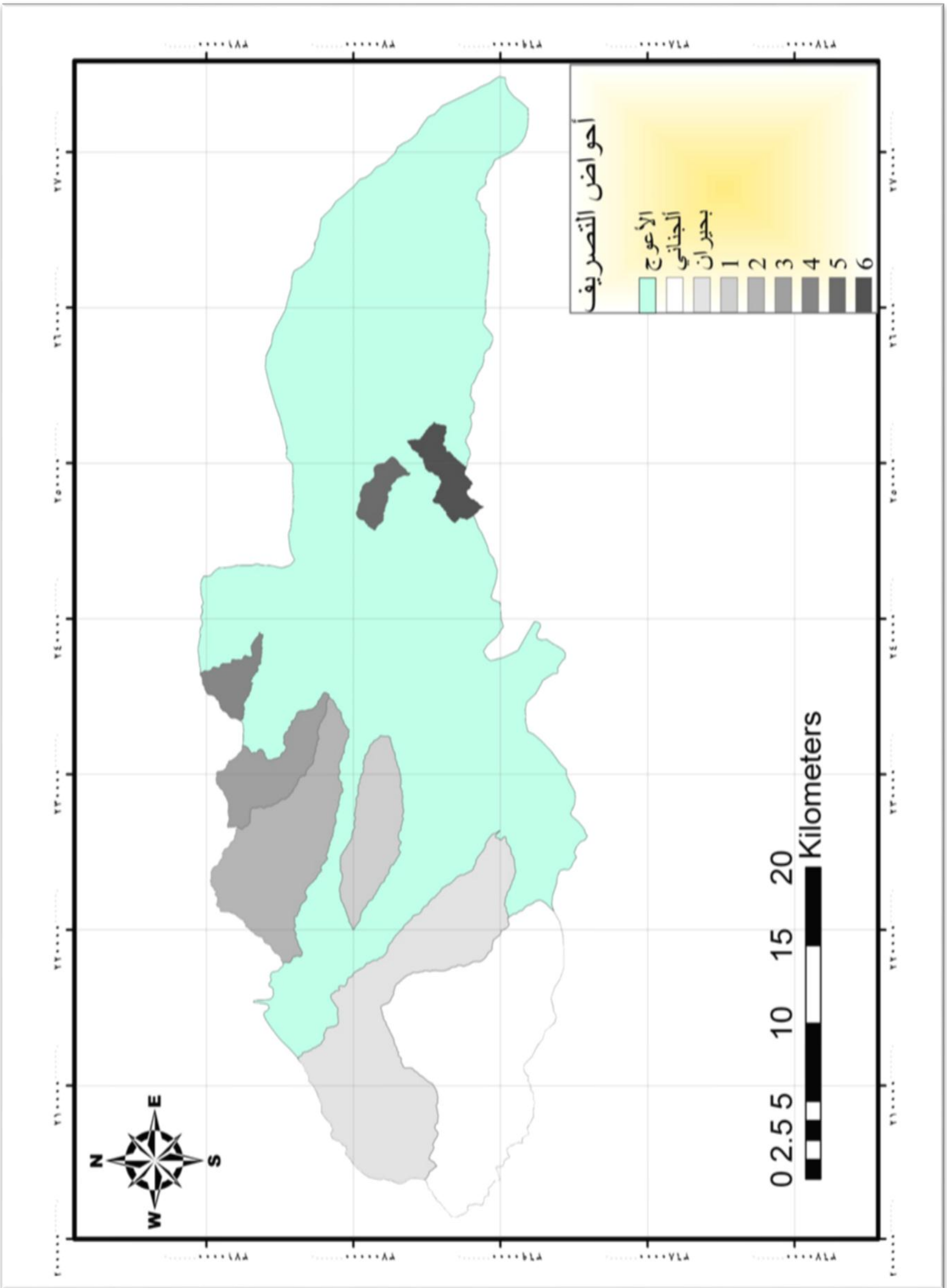
١- المساحة .
٢- الأبعاد الخطية ( الطول ، العرض) .
٣- الخصائص الشكلية ( نسبة الاستطالة ، معامل الشكل البيضوي، نسبة الاستدارة، معامل الاندماج ، معامل الانبعاج ، معدل التناظر) .
٤- خصائص السطح (التضرس المحلي أو التضرس الحوضي، معامل التضرس، التضاريس النسبية، رقم الوعورة).

و قد رقمت حويضات التصريف التي لا تحمل أسماء محلية بأرقام متسلسلة من الغرب إلى الشرق، ويوضح الخريطة (٧) مواقع حويضات التصريف المائي في منطقة الدراسة .

---

[١] محمد فائد حاج حسن، (١٩٩٥)، أسس الجيومورفولوجيا المناخية، منشورات جامعة دمشق، دمشق، ص٣٧

[2]-Doornkamp, J C & King ,C, A,M ; (1971) :Numerical Analysis in Geomorphology An Introduction , London , PP 3-4 .




**الخريطة (٧) مواقع حويضات التصريف المختارة في حوض الأعوج**

**أولاً: مساحة الأحواض وأبعادها:**

**١- المساحة:**

تعد الأحواض النهرية الوسط الرئيس لإجمالي الجريان وإنتاج الرواسب، والمتحكم بحجم التصريف النهري وكميته، مرتبطة بالعديد من المتغيرات المناخية والجيولوجية التي تقوم بدور في تحديد مساحة هذه الأحواض .

وتؤكد معظم الدراسات على العلاقة العكسية بين مساحة الحوض وحجم التصريف والعاصفة المطرية، لأن أغلب العواصف المطرية لا تغطي إلا جزءاً من مساحة الأحواض كبيرة المساحة، ومن ثم فإن الجريان سيقتصر على أحد روافد هذه الأحواض بالإضافة إلى ما تتمتع به الأحواض الكبيرة من قدرة على حجز المياه ومن ثم زيادة حجم فاقد المياه عن طريق التسرب والبخر، أما في حالة الأحواض الصغيرة المساحة فإن فعالية الجريان ستكون أكبر في ظل ظروف تغطية العاصفة المطرية للحوض بأكمله في أغلب الأحيان[١]

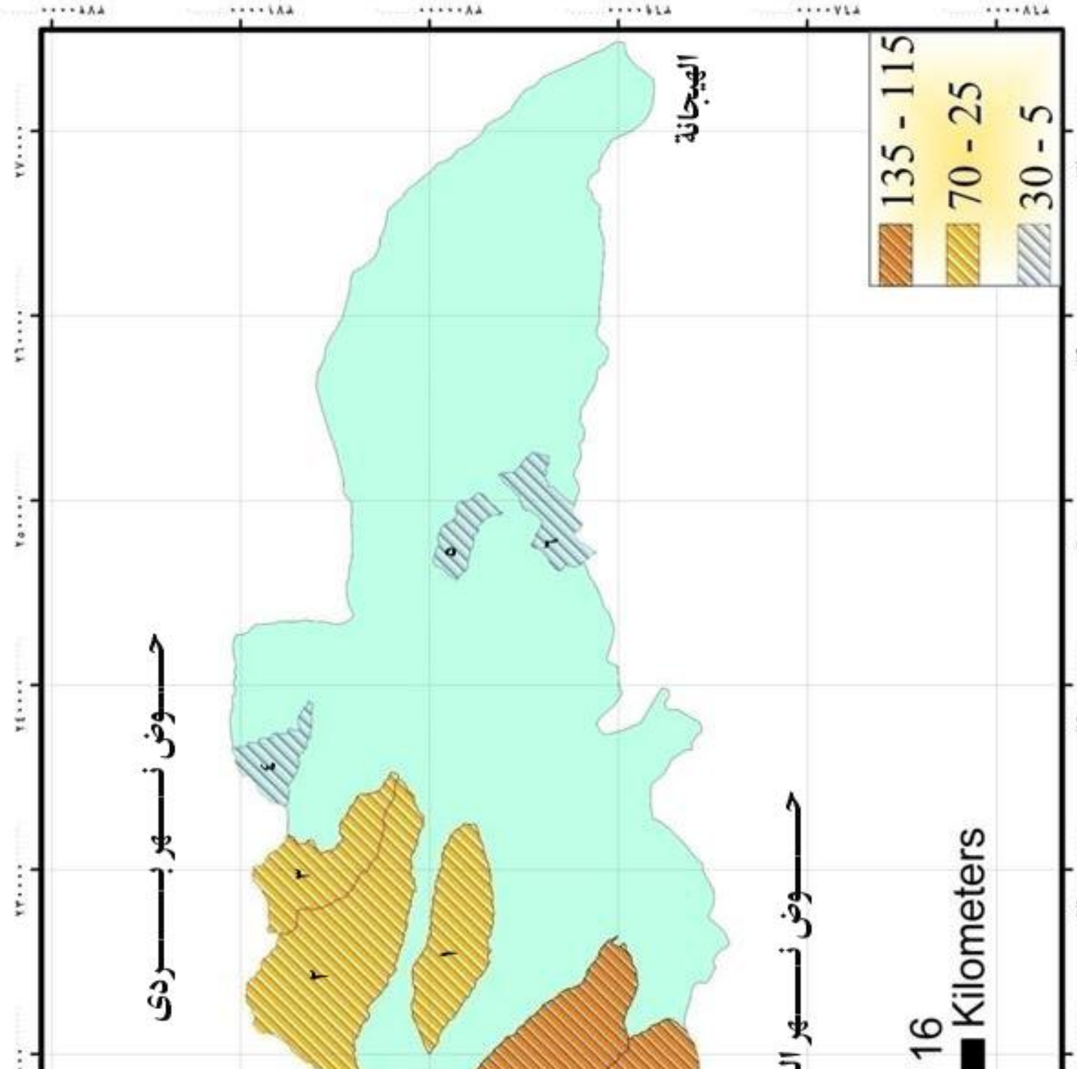
وتعد مساحة الأحواض النهرية سبباً مؤثراً في تشكيل المراوح الفيضية وزيادة مساحتها، فهي تمثل مصدر الرواسب، إذ تنقل الحمولة عبر المجاري النهرية فيتم ترسيبها فوق بعضها البعض من جهة، وتتقدم باتجاه مستوى الأساس المحلي من جهة أخرى مما يساعد على زيادة مساحة المروحة والحوض تدريجياً[٢]

بينما أشار (Dana1984) إلى أن درجة الانحدار العام للمراوح الفيضية نادراً ما تصل إلى١٠ْ؛ وتعد مساحة الحوض أحد العوامل المتحكمة في درجة انحدار سطح المروحة فكلما زادت مساحة حوض التصريف يقل انحدار المروحة وتصبح أكثر استواءً من تلك التي تصرف إليها مساحة أصغر.

تبلغ مساحة حوض الأعوج حوالي (١١٤٧.٣٩) كم٢، وتتكشف على سطحه أنواع متعددة من الصخور الرسوبية والاندفاعية، وقد تم اختيار ثماني حويضات ضمن الحوض، تحوي أكثر من (٨٠)% من الشبكة النهرية وتمتد على طول الحوض و تمثل المجاري العليا والوسطى والدنيا فيه، وتقدر مساحتها بحوالي (٥٠٨.٥٦) كم٢ أي نسبة (٤٤.٣٢)% من مساحة الحوض. وراوحت مساحاتها بين (١٣٥.٢١) كم٢ و (٧.٥٢) كم٢، الخريطة (٨). ويوضح الملحق رقم (٥) مساحات الحويضات النهرية والنسبة المئوية لمساحة كل منها بالنسبة للمساحة الكلية، واستناداً إلى معطيات الجدول السابق، تشكل حويضتا الجناني وبحيران أكبر حويضات الحوض، إذ تتكشف الصخور الكلسية الجوراسية والكريتاسية بشكل رئيس، ويلاحظ وجود فرق كبير بين مساحتهما ومساحة باقي الحويضات، ويعود السبب في ذلك إلى فرق الارتفاع الكبير بين المنبع والمصب في كلتا الحويضتين والذي يبلغ في بحيران حوالي (١٩٦٤) م الصورة (٨)، وفي الجناني حوالي (١٤١٠) م ، مما ساعد على تنشيط عمليات الحت التراجعي ومن ثم زيادة نمو المجاري العليا باتجاه خط تقسيم المياه وزيادة المساحة، يضاف إلى ذلك معدل التهطال الكبير ومن ثم كمية التصريف الأكبر الذي تتميز به حويضات جبل الشيخ مقارنة بباقي الحويضات .

[١]- أحمد سالم صالح ، (١٩٩٩)، السيول في الصحارى، منشورات دار الكتاب الحديث، القاهرة،ص٤٢

[2] -Harttley, A. (2002), The Development of Alluvial Fans in Extensional Basins: ARE Existing Facies Models Wrong, University of Aberdeen Press, Aberdeen.P52




**الخريطة (٨) فئات مساحات حويضات التصريف**



الصورة رقم (٨) تبين نهر بحيران مع خانقه

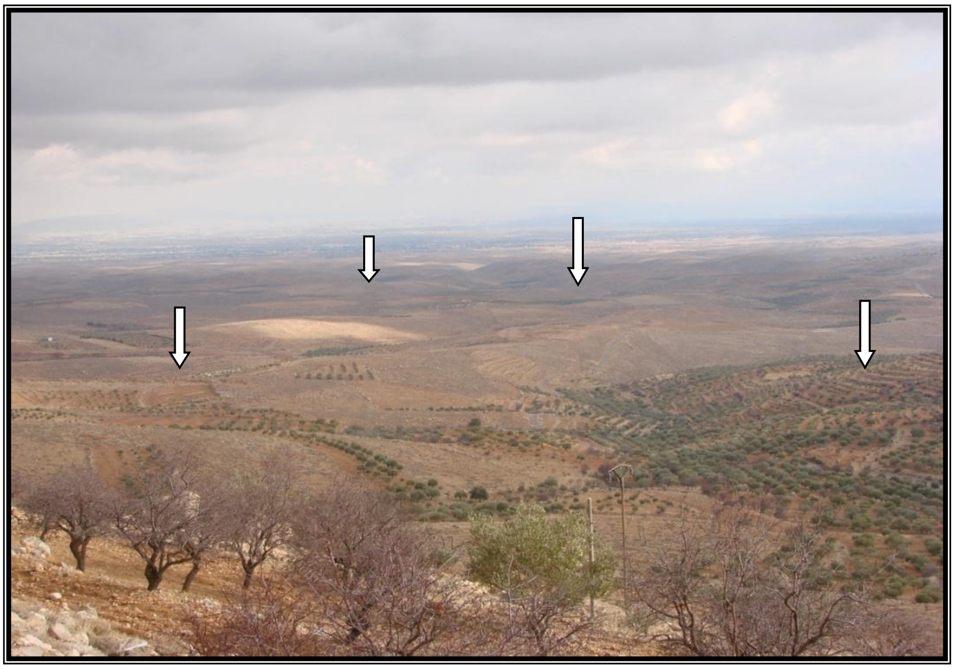
وقد كان لصخور الكريتاسي الكلسية، والباليوجين ممثلة بالأيوسين الأدنى والأوسط (المكونة من الصخر الكلسي الطباشيري والمارن مع اندساسات فوسفاتية)، أثر مهم في زيادة مساحة الجناني مقارنة بحويضة بحيران خاصة مع غياب الأيوسين الأعلى (المكون من الحجر الرملي والكلسي الحطامي) المقاوم لأعمال الحت والتعرية، فقد ساعدت هذه التوضعات على نمو المجاري المائية بسبب ضعف مقاومتها للحت، أما بالنسبة لبحيران فيعود السبب الأكبر لزيادة مساحته بالإضافة لفرق الارتفاع إلى شبكة الكسور الطولية والعرضية فيه، مما ساعد على نمو الشبكة المائية باتجاهات متعددة.

أما المجموعة الثانية من الحويضات، فهي التي تشغل سطح سهول أقدام جبل الشيخ * (١-٢) وجزء من كتلة جبل خاشين (٣-٤). تتميز الحويضتان (١-٢) بشكلهما المتطاول، فهذا السطح المرتبط بهما ينحدر بدرجات راوحت بين( ٢ْ-٥ْ ) مما سمح للشبكة النهرية بالامتداد الطولي على توضعات من صخور رملية غضارية وكونغلوميرات ساعدتها على ذلك. الصورة رقم (٩)

أما بالنسبة للحويضتان (٣-٤) فتقع بمعظمهما ضمن كتلة جبل خاشين، وقد كان لتوضعات الأيوسين الأعلى واندفاعات الميوسين الأوسط المقاومان لعمليات الحت دورهما في التأثير على مساحة هاتان الحويضتان . أما الحويضتان (٦-٥) فقد لعب العامل الليتولوجي الدور الرئيس في تحديد مساحتهما (توضعات الميوسين الأوسط)

إن التفاوت الكبير بين مساحات الحويضات، يرتبط بمتغيرات عدة رئيسة تمثلت بفرق الارتفاع والتكتونيك والليتولوجيا التي كان لها الأثر الكبير على نمو الشبكات النهرية واتجاهات تطورها ومن ثم على مساحة الحويضات، إضافة للفارق الكبير في الظروف المناخية على امتداد الحوض.

* أو ما يطلق عليه اسم سهل قطنا



الصورة رقم (٩) تظهر سهول أقدام جبل الشيخ

**٢- الأبعاد ( الطول والعرض ) :**

إن متغيرا الطول، الخريطة (٩) والعرض الخريطة (١٠) والعلاقة بينهما يقومان بعمل مهم في الدراسات المورفومترية، فقد أشار (horton1958) إلى أهمية هذه العلاقة للدلالة على شكل الحوض (اقترابه من الاستطالة أو الاستدارة) ومن ثم المرحلة الحتية التي وصلت إليها الأحواض النهرية، إضافة لاعتباره مؤشراً هيدرولوجياً يوضح إمكانية حدوث الفيضانات .

وقد استخدمت طريقة (shumm1956) في حساب أقصى طول للحوض بقياس المسافة بين نهاية المجرى الرئيس وأبعد نقطة على خط تقسيم المياه للحوض[١]، أما عرض الحوض فيتمثل بأبعد نقطتين متقابلتين على طرفي محوره.

و أكدت الكثير من الدراسات على علاقة الارتباط بين متغيري المساحة والطول ووضعت عدة علاقات رياضية للدلالة عليها، كالعلاقة التي وضعها (Hack 1957) والتي تتخذ الشكل الآتي[٢]:

1- Schumm , S.A; (1956) : Evolution of Drainage Systems and Slope in Badland at Perth Amboy New York , Geol , Soc , Ame , Bull , Vol 67 , P 612

2 - hack, j, t,(1957), studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland, us, geol, survey, prof, p 47

$$L = 1.4\ AD^{0.6}$$

والعلاقة التي وضعها كل من (Montgomery and Dietrich1992) والتي تتخذ الشكل الآتي[1]:

$$L=3A^{1/2}$$

إذ تمثل L: طول الحوض

A،AD: مساحة الحوض

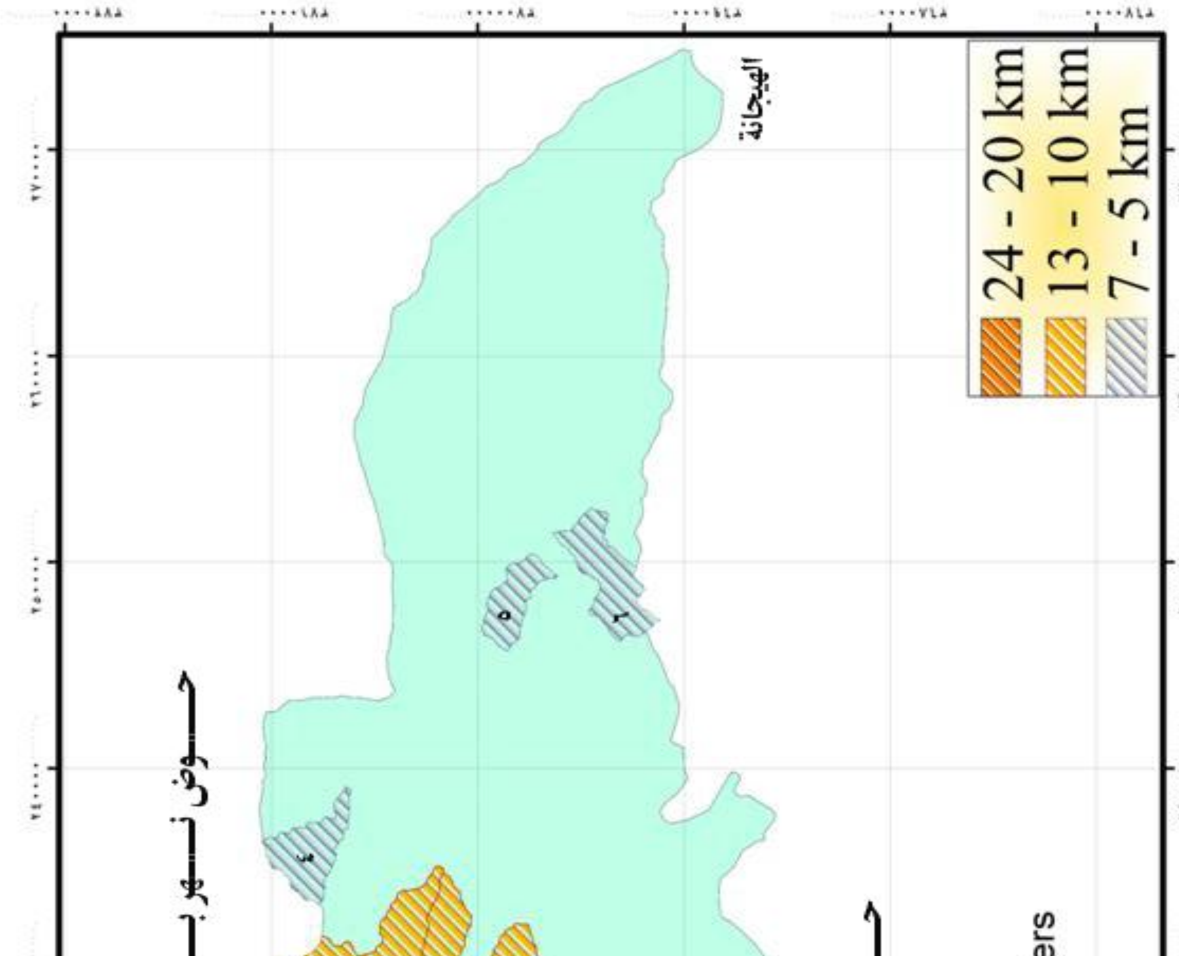
ودل تطبيق كل من المعادلتين على أحواض التصريف المختارة من منطقة الدراسة على وجود علاقة بين كل من المتغيرين، وتبتعد النتيجة عن الصحة مع ازدياد مساحة الحوض، وكانت نتائج تطبيق معادلة (Hack) أكثر دقة منها عند (Montgomery and Dietrich)، ويوضح الجدول الملحق رقم (٦) نتائج تطبيق كل من المعادلتين على الحوض الرئيس والأحواض الثانوية مع قياسات الطول والعرض.

نجد من الجدول توافق أكبر الأطوال مع الحويضات الأكبر مساحة وبلغت على التوالي لبحيران (٢٣.٧٦) كم و الجناني (٢١.٣) كم متأثرتان بشكل رئيس بشبكة الكسور الطولية، أما اتساع عرض الحويضتان فيه فيعزى للكسور العرضية ممثلة بشكل رئيس بفالق سرغايا، إضافة إلى أن محاور معظم الكتل الجبلية هنا تظهر متعامدة مع محور الحويضات، مما ساعد على النمو العرضي لها.

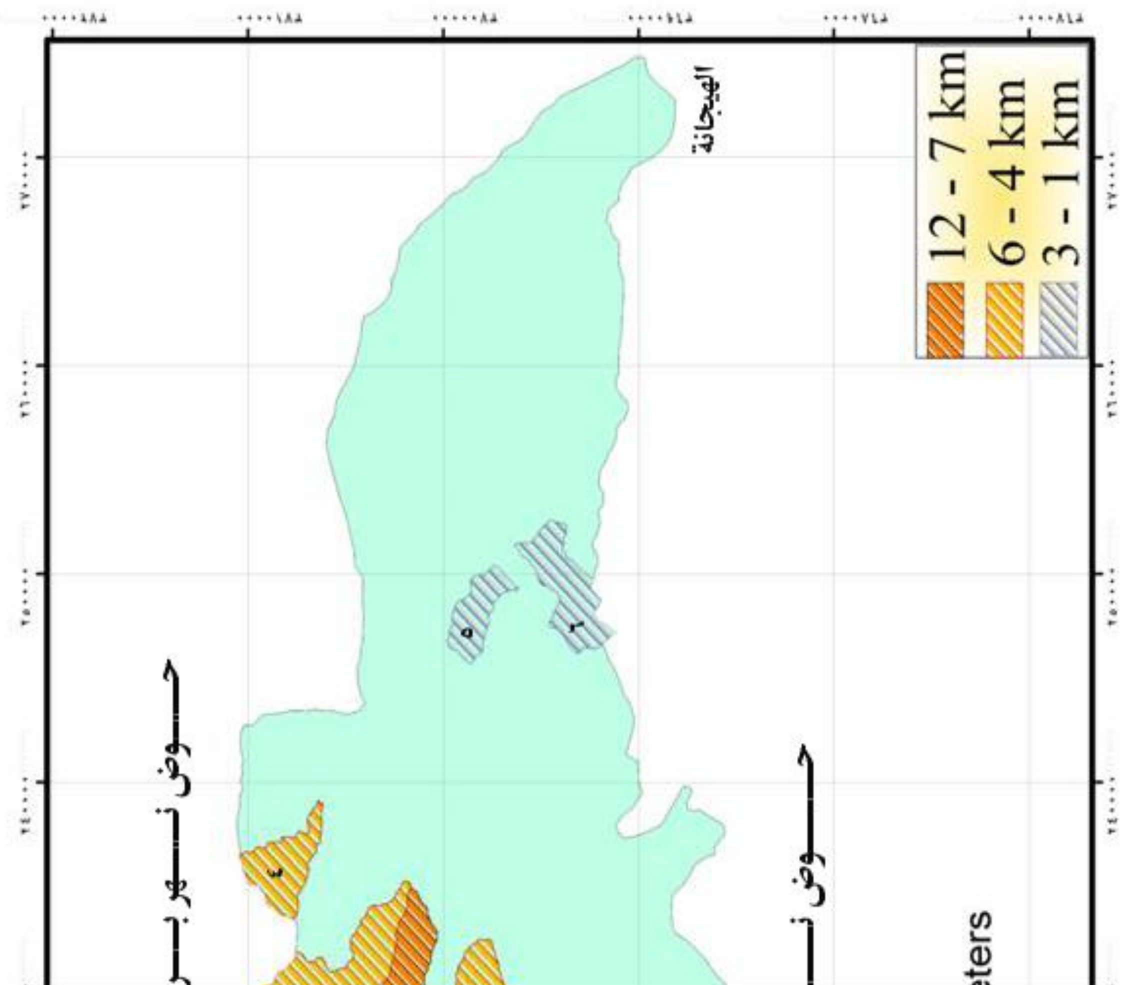
أما الحويضات (١-٢) (٥-٦)، فقد ألغى تطورها على ذات القاعدة الليتولوجية أثر هذا العامل في التأثير على أقصى عرض للحوض، إلا أن نمو الحويضتان (١-٢)على سهول أقدام جبل الشيخ هو الذي ساعد على زيادة أطوالها مقارنة بالحويضتان (٥-٦) إضافة لصغر فرق الارتفاع في الحويضتين الأخيرتين ورفدهما لنهر الأعوج مباشرة مما حال دون نموهما.

وفي الحويضتان (٣-٤) فكان لضعف فروق الارتفاع ووجود نهر الديراني المتفرع عن نهر الأعوج أثره على ضعف نموهما، ومن ثم على طولهما، بينما ظهر تأثير العامل الليتولوجي واضحاً على النمو العرضاني للحوض، فامتداد رسوبيات الأيوسين الأعلى المقاوم لعمليات الحت والمؤلفة من (الحجر الكلسي الرصيفي العضوي الحطامي مع الحجر الرملي ) في أعالي الحوض (خط تقسيم مياه الحوض)، عمل على رسم جروف حادة ترافقت مع هذه التوضعات، وأجبر المجاري العليا في هذه الأحواض على النمو العرضاني، إضافة إلى أن محور جبل خاشين المتعامد مع محور الحويضتين كان له تأثير في ذلك التوسع.

[1] -Dade , W .B ; (2001) : Multifle Scale in River Basin Morphology , Amer . Jour . Soc . Vol 301 , P 60




**الشكل (٩) فئات أطوال حويضات التصريف المائي**




**الشكل (١٠) فئات عرض حويضات التصريف المائي**

**ثانياً: معدلات تجانس حويضات التصريف المائي :**

تعد أشكال حويضات التصريف إحدى أهم المؤشرات التي تدل على عمر الأحواض النهرية (المرحلة الحتية التي وصلت إليها)*، وأثر العوامل الليتولوجية والبنائية والمناخية في رسم هذه الأشكال. كما وتعد أحد العوامل المؤثرة في عملية الجريان وخصائصها المختلفة، إذ تؤثر في كمية الجريان وعلى ما يعرف بوقت الانتقال (Travail-time) لأي نقطة منذ سقوطها على سطح الحوض، وحتى وصولها إلى المجرى الرئيس.

وبصفة عامة يمكن القول إن الأحواض التي تميل إلى الاستدارة تتجمع فيها معظم الروافد في منطقة واحدة (تمثل المركز) ومع حدوث عمليات الجريان في هذه الروافد فإن الجريان يصل غالباً إلى هذه المنطقة في وقت واحد أو متقارب، مما ينجم عنه فيضان كبير وسريع في الوادي، أما الأحواض المستطيلة أو التي تميل إلى الاستطالة، فغالباً ما تكون روافدها قصيرة وتتصل بالوادي الرئيس على مسافات متباعدة من كلا الجانبين ، مما ينعكس على عملية الجريان فالروافد الواقعة على طول الأجزاء الدنيا من الوادي سوف تصرف مياهها للوادي الرئيس ومن ثم تصل إلى مصبه قبل وصول جريان الروافد العليا، مما يترتب عليه ضعف وانخفاض كمية وسرعة الجريان(1).

وستتم دراسة أشكال الأحواض النهرية باستخدام العلاقات الآتية:

١- معدل الاستطالة (The Elongation Ratio)
٢- معدل البيضوية (The Oval Ratio)
٣- معامل الانبعاج (Lemniscate Factor)
٤- معدل الاستدارة (The Circularity Ratio)
٥- معامل الاندماج (Compactness Factor)
٦- معامل التناظر ( Symmetry Factor)

**١- معدل الاستطالة (The Elongation Ratio) :**

وضع (Shumm1956)(2) هذه العلاقة للدلالة على اقتراب حوض التصريف من الشكل المستطيل ضمن قيم حددت بين (٠-١) وباتجاه هذه القيمة من {١ ⟵ ٠} يقترب الشكل من الاستطالة*.

---

* إن الاقتراب من الشكل المستطيل إلى الشكل الدائري يدل على مدى تطور الحوض النهري ، فكلما كان النشاط الحتي أكبر كلما كان معدل الاستدارة أكبر، وهذا يكبر كلما تقدم عمر الحوض.

(1)- أحمد سالم صالح ، (١٩٩٩)،مرجع سبق ذكره، ص٤٨

(1)-Gregory, k . J & Willing , D .E ;( 1973) : Drainage Form and Processes Geomorphology Approach, Edward Amold , London , p51

* إن اقتراب قيمة معامل الاستطالة من (٠) يعني أنه قطع شوطاً أطول في العملية الحتية إلا أن ابتعاده عن هذه القيمة لا يعني بالضرورة أنه في بداية المرحلة الحتية ، فابتعاده عن هذه القيمة يعني ابتعاده عن الشكل المستطيل وربما اقترابه من الشكل الدائري أي أنه ربما وصل لمرحلة حتية متقدمة أكثر لذلك لابد من مراعاة الملاحظة البصرية أثناء تطبيق المعامل. ويراعى هذا أيضاً عند تطبيق باقي المعاملات.

**وتتخذ المعادلة الشكل الآتي:**

$$E = De / L$$

وتمثل E: معدل الاستطالة

De: قطر دائرة مساحتها مساوية لمساحة الحوض

L: أقصى طول للحوض

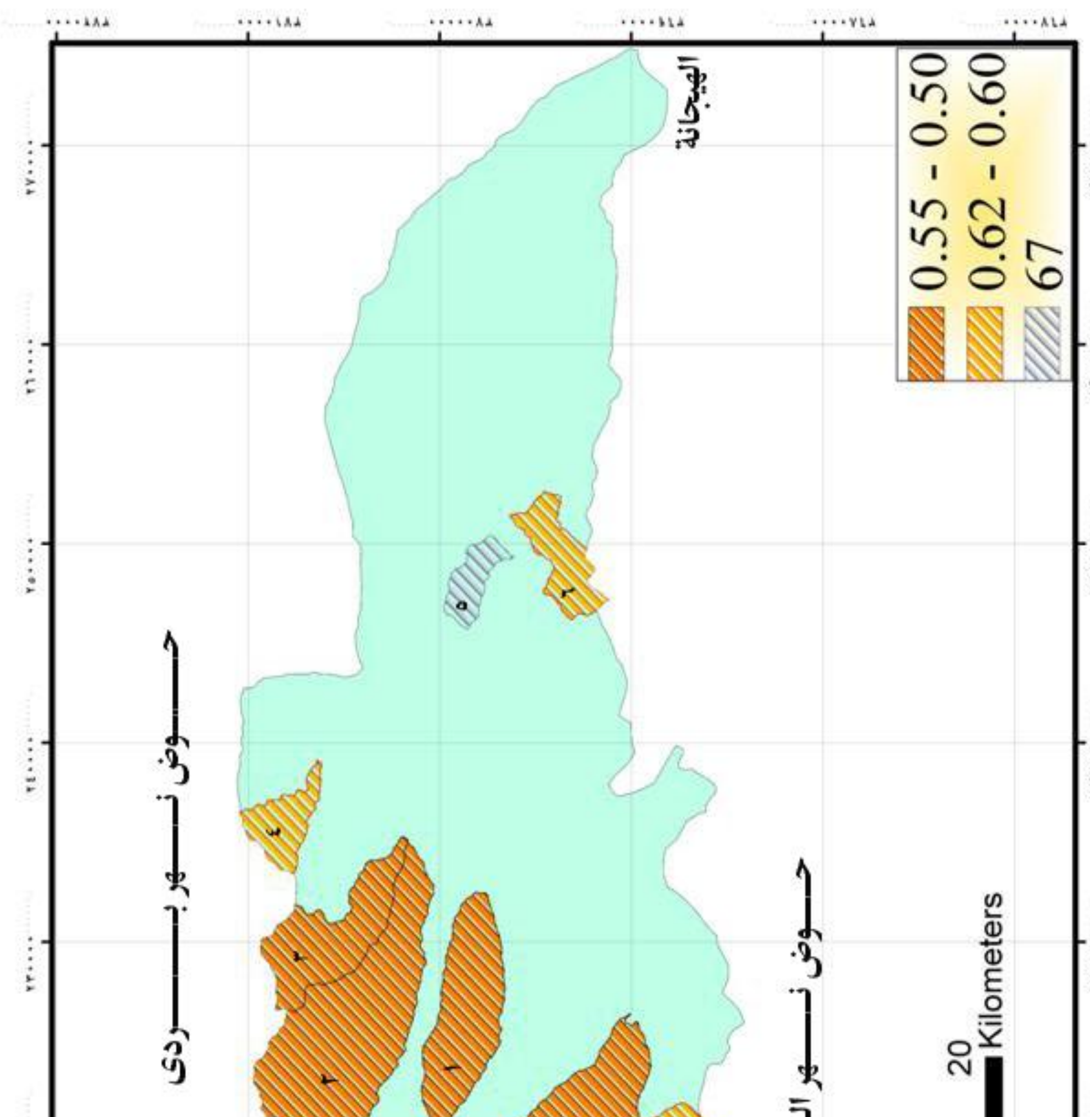
ويمكن أن تتخذ الشكل الآتي:

$$E = \frac{2\sqrt{A/\pi}}{L}$$

إذ A : مساحة الحوض

ومن الملحق رقم (٧) الذي يبين نتائج تطبيق القانون السابق على حويضات التصريف في المنطقة تبين أن قيمة معامل الاستطالة بلغت في حوض الأعوج (٠.٥٢)، أي أن الحوض يمر بمرحلة الشباب رغم أن الفعالية العظمى للحت تتركز في الجزء الغربي من الحوض كنتيجة للظروف البنائية للمنطقة. بينما راوحت في باقي الحويضات بين (٠.٥٠- ٠.٦٧) الخريطة (١١)، فهي ترتفع على التوالي في حويضات ( ١- بحيران - ٣- ٢ ) إذ بلغت ( ٠.٥٠- ٠.٥٢- ٠.٥٣) أي أن هذه الأحواض لازالت في مرحلة الشباب وما يزال الحت الرأسي فيها مسيطراً، وتتشابه الحويضتان (بحيران – ٣) في العوامل المؤثرة على استطالتها، ففي حين يؤثر فالق سرغايا و ارتداداته في رسم معالم بحيران واستطالته، فقد قام فالق دمشق بمحوره الموازي لمحور الحوض بدور كبير في استطالته. أما بالنسبة للحويضتان (١-٣) فأثر وجودهما على سهل أقدام جبل الشيخ في استطالتهما.

وتبين الملاحظة البصرية للحويضات أن الحويضتان (٢-٣) أقرب إلى الشكل المثلثي منها إلى الشكل المستطيل، ويعود ذلك بشكل رئيس إلى أن معامل الاستطالة يعتمد على متغير الطول مع المساحة فقط دون العرض، ومن ثم فهي تعبر عن استطالة الحوض من دون أن يعبر عن مدى اقترابه من الشكل المستطيل.




**الخريطة (١١) فئات معدلات الاستطالة**

٢- معدل البيضوية (The Oval Ratio) :

وضعت هذه العلاقة للدلالة على اقتراب حوض التصريف من شكل القطع الناقص وحددت قيمها بين {١ ←— ٠} إذ يقترب الحوض من الشكل البيضوي كلما اقتربت القيمة من (٠) وتتخذ معادلته الشكل الآتي :

$$O = A / S$$

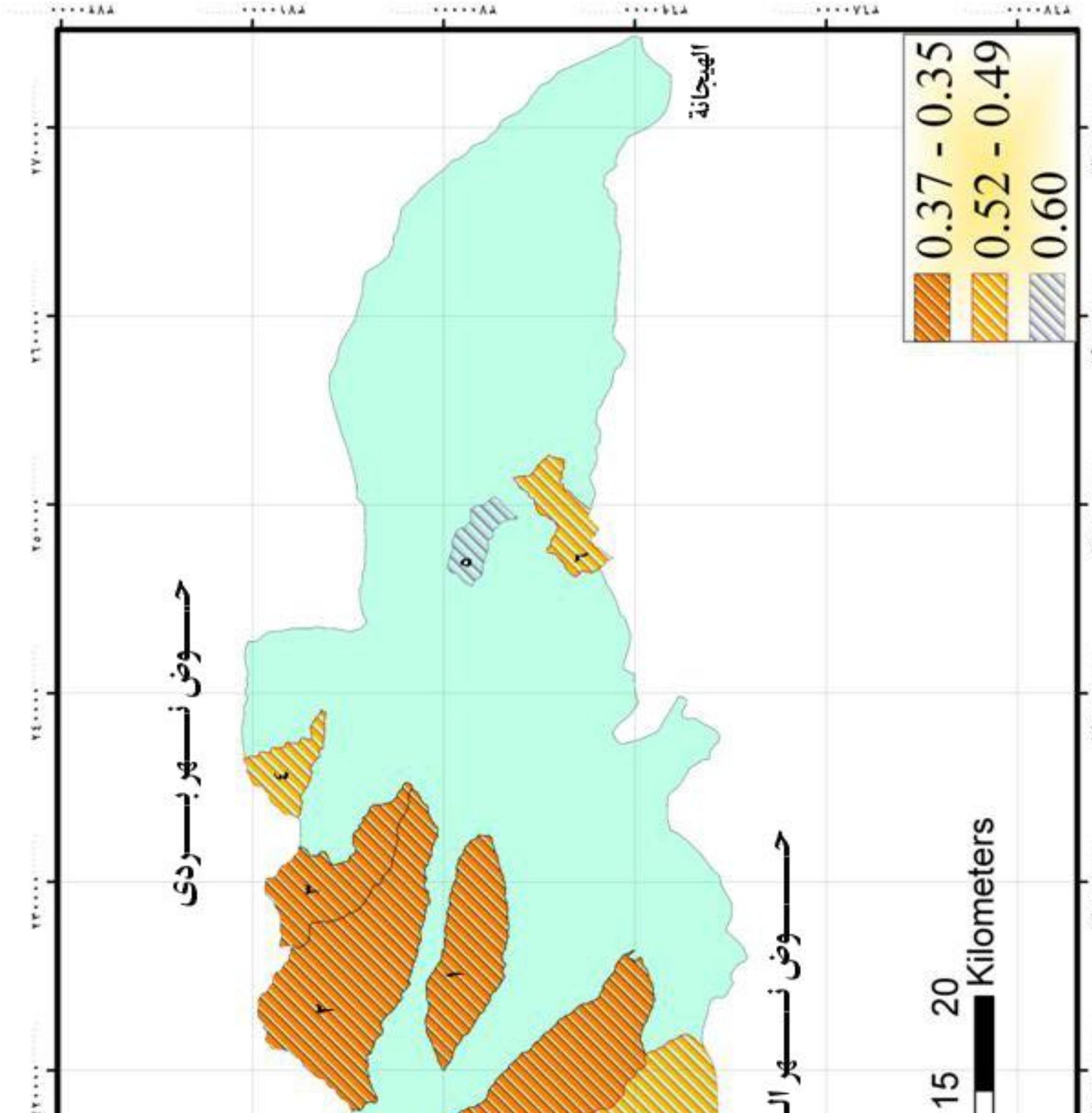
إذ أن O : معدل البيضوية

A : مساحة الحوض

S : مساحة شكل بيضوي محوره الطويل مساوي لأقصى طول للحوض

ومن الملحق رقم (٧) بلغت قيم معدل الشكل البيضوي في حوض الأعوج (٠.٣٥) وهذا يعني أن الحوض اقترب بشكل كبير من الشكل البيضوي أي أنه مضى بعيداً في عمليات الحت الرأسي، وأنه في مرحلة حتية أكثر تقدماً مما تم استنتاجه عند دراسة معدل الاستطالة، وراوحت قيمة هذا المعدل في باقي الحويضات بين (٠.٣٤- ٠.٦٠) الخريطة (١٢) وسنتناول في الدراسة الأحواض التي تقل قيم معدلها عن (٠.٥٠)، وهي على التوالي ( ١- بحيران- ٣- ٢- ) وبلغت قيمهم (٠.٣٤- ٠.٣٥- ٠.٣٦- ٠.٣٧).

و نلاحظ أن هنالك تطابق بين ترتيب الأحواض حسب قيمة معدل الاستطالة مع ترتيبها حسب قيمة معدل الشكل البيضوي، إلا أن قيمة معدل البيضوية أعطى فرزاً أكثر دقة منه في معدل الاستطالة بالنسبة للحويضة رقم (١) في حين لم ينطبق ذلك على باقي الحويضات (بحيران- ٣- ٢) ويعود السبب في ذلك إلى أن قيمة معدل الشكل البيضوي وكنتيجة لمقارنة شكل الحوض بالقطع الناقص، فإن ذلك سيدرج بشكل تلقائي أثر محرقي القطع الناقص عند المقارنة، ونجد ذلك بشكل جلي عند النظر إلى شكل كل من (بحيران و٣)، فيلاحظ وجود اتساع في طرفي الحوض، لكن ذلك ينعكس في وسط الحوض لينقلب إلى انكماش وبذلك يبتعد الشكل العام عن القطع الناقص أو(البيضوي) مع أن قيمة معدله تدل على عكس ذلك، لذا يجب مراعاة هذا الجانب عند تطبيق هذه المعادلة.




**الخريطة (١٢) فئات معدل البيضوية**

### ٣- معامل الانبعاج (Lemniscate Factor):

وضــع (Chorley1957)[١] هـذه العلاقـة للدلالـة علـى اقتـراب الحـوض مـن الشـكل الكمثري* وتدل القيم المنخفضة على زيادة تفلطح الحوض، ومن ثم تقدم المرحلة الحتية التي يمر بها الحوض النهري[٢] وتتخذ المعادلة الشكل الآتي:

$$K = L^2 / 4A$$

إذ أن K : معامل الانبعاج .

L : طول الحوض

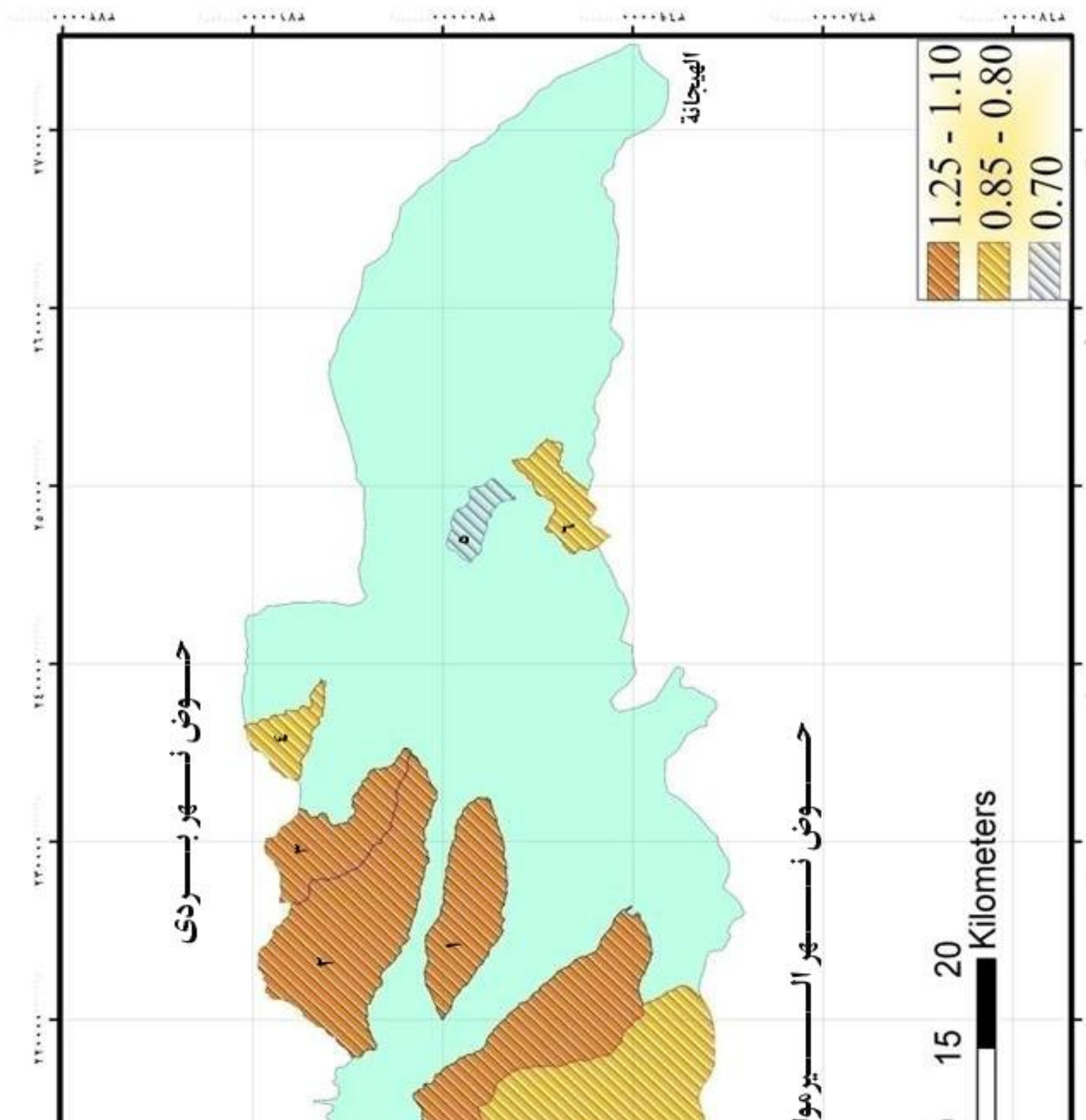
A : مساحة الحوض

يلاحظ من الملحق رقم (٧) أن قيمة معامل الانبعاج في حوض الأعوج (١.١٧) أي أن الحوض بعيد عن الشكل الكمثري، وهذا لا يتفق مع الملاحظة البصرية لشكل الحوض، أما بالنسبة لبقية الحويضات، فبلغت قيمها بين (٠.٧٠ – ١.١٧) الخريطة (١٣)، وسيتم دراسة الحويضات التي تقل فيها قيمة معامل الانبعاج عن (١) وهي (٥- ٤- الجناني- ٦) ومن الملاحظة البصرية نجد أن أي من الحويضات السابقة لا يقترب شكله من الشكل الكمثري، بل على العكس من ذلك تدل الملاحظة البصرية على أن الحويضات المستثناة من الدراسة هي الحويضات الأقرب إلى الشكل الكمثري، وهذا يخالف ما أشار إليه (Chorley) من أن انخفاض القيم يدل على تفلطح الحوض، وربما يرجع ذلك إلى الزيادة الملحوظة في طول الحويضات المستثناة مقارنة بمساحتها.

---

[1]- Gregory , K.J & Walling , D .E ; (1973) : Op .Cit . P51 .

* تترجم كلمة Lemniscate باعتبارها مصطلح رياضي يشير إلى منحني ذو عروتين




**الخريطة (١٣) فئات معدل الانبعاج**

**٤- معدل الاستدارة (The Circularity Ratio) :**

وضع هذه المعادلة (Miller1953)[1] للتعبير عن مدى اقتراب شكل الحوض من شكل الدائرة ، معتمداً على متغيري المساحة والمحيط، إذ يقترب الحوض من الاستدارة كلما اتجهت القيمة من (٠) إلى (١)، ويقترب من الشكل المستطيل بالاتجاه المعاكس وتتخذ المعادلة الشكل الآتي:

$$R_C = A / A_C$$

إذ أن Rc : نسبة الاستدارة .

A : مساحة الحوض.

Ac : مساحة دائرة محيطها مساوي لمحيط الحوض .

ويمكن للمعادلة أن تتخذ الشكل الآتي:

$$R_C = 4\pi A / P^2$$

إذ أن P = محيط الحوض

يلاحظ من الملحق رقم (٧) أن معدل استدارة حوض الأعوج بلغ حوالي (٠.٣٤)، أي أن الحوض يقترب من الاستطالة، وهذا يتوافق مع ما تم التوصل إليه عند استخدام معامل الشكل البيضوي والاستطالة مع الملاحظة البصرية.

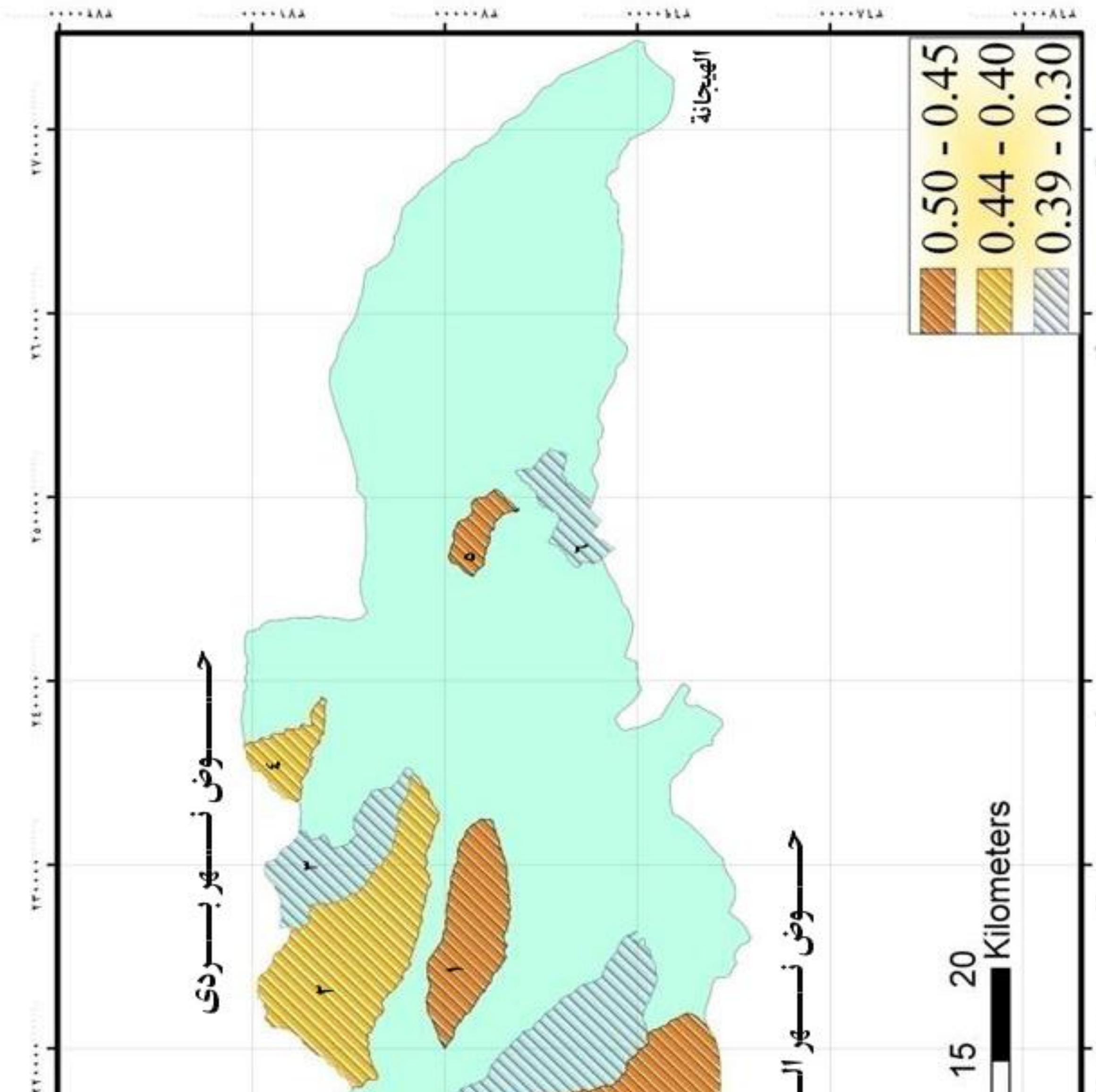
راوحت قيم معامل الاستدارة في باقي الحويضات بين (٠.٣١- ٠.٥٠) الخريطة (١٤ ) وسيتم دراسة الحويضات التي يزيد فيها قيمة المعدل عن (٠.٤٠)، وهي على التوالي (٥- الجناني- ١- ٤- ٢)، إذ بلغت قيمة المعدل في (٥- الجناني) على التوالي (٠.٥٠- ٠.٤٩)، وقد ساعد امتداد كتلة الجبال البنيوية (المانع، أبو عطريز، الأسود) في وسط الحوض بمحاورها الشمالية الغربية الجنوبية الشرقية، الحويضة رقم (٦) (الواقعة ضمن حويضة بينية وجدت تصريفها إلى نهر الأعوج) على ارتفاع قيمة معدل استدارتها، وهذا يتوافق مع الملاحظة البصرية، أما بالنسبة للجناني فقد كان لتوضعات الباليوجين المكونة من الكلس الطباشيري والمارن والفوسفات تأثير في استطالة المجاري المائية عليها التي من المحتمل أنها كانت عبارة جزء من الشبكة النهرية التي كانت تغطي سفوح جبل الشيخ قبل أن يقوم فالق سرغايا بضرب السفح مشكلاً حويضة بحيران ومقطعاً أوصال الشبكة النهرية ضمن حويضتا بحيران و الجناني.

أما بالنسبة لباقي الحويضات (١-٤-٢)، فقد صنفت الحويضة (١) مسبقاً ضمن الحويضات البيضوية، وارتفاع نسبة معامل استدارتها يرجع إلى زيادة عرض الحويضة مقارنة بمساحتها، و(باعتبار) الدائرة حالة خاصة من القطع الناقص*، فيمكن اعتبار قيم تطبيق معامل الاستدارة هنا دليلاً على تقدم المرحلة الحتية للحوض، بعكس ما تم التوصل إليه عند تطبيق معامل الاستطالة، أما (٢-٤) فقد أسهمت الكسور في أعالي الحوضين والمتعامدة مع محاورها في التوسع العرضي للشبكة النهرية ومن ثم ارتفاع معدل استدارتها، مع أن الملاحظة البصرية تشير إلى اقتراب هذه الحويضات من الشكل المثلثي أكثر منها إلى الاستدارة.

---

[1]- Gregory , K.J & Walling , D .E ; (1973) : Op .Cit . P51

* إذا كانت E= 0 هذا يعني أن J= 0 ومن $a^2 = b^2 + d^2 \leftarrow a = b$ فيصبح القطع الناقص دائرة




**الخريطة (١٤) فئات معدل الاستدارة**

**٥- معامل الاندماج(Compactness Factor):**

يشير هذا المعامل إلى مدى التناسب بين محيط الحوض النهري ومساحته، ومدى انتظام خط تقسيم المياه الذي يدل عليه انخفاض قيمة هذا المعامل ومن ثم فإن الحوض يمر بمرحلة حتية أكثر تقدماً، وارتفاعه دليل على تشوش خط تقسيم المياه ومن ثم مرحلة حتية مبكرة ويعبر عنه بالعلاقة الآتية[1]:

$$C = P / 2\sqrt{\pi A}$$

إذ أن C: معامل الاندماج .

P : محيط الحوض

A: مساحة الحوض

بلغت قيمة معامل التعرج في حوض الأعوج حوالي (١.٧٠) الملحق رقم (٧)، وهذا يدل على أن الحوض يمر بمرحلة حتية مبكرة بما يتفق مع ما تم التوصل إليه عند تطبيق معاملات تجانس الأحواض النهرية.

أما بالنسبة لباقي الحويضات، فتدرجت القيم بين (١.٧٨ – ١.٤٠) الخريطة (١٥) إذ بلغت أدنى القيم للحويضات (٥- الجناني- ١-٤) على التوالي (١.٤٠- ١.٤٢- ١.٤٤- ١.٤٨ ) أي خطوط تقسيم مياه أكثر انتظاماً ومرحلة حتية أكثر تقدماً وهذا ما ينسجم مع الملاحظة البصرية ومع ما تم التوصل إليه عند تطبيق معامل الاستدارة، أما حويضات (٢- ٦- ٣- بحيران) فتتدرج قيمهم كالآتي (١.٥٥- ١.٥٨- ١.٦٤- ١.٧٨)، وهي أيضاً تتفق مع مدلولاتها في قيم معاملات تجانس الأحواض النهرية ، ولذا يمكن الحديث عن أن معامل التعرج يمكن أن يعطي قيم واقعية عن مدى انتظام خط تقسيم المياه والمراحل الحتية التي تمر بها الأحواض النهرية على أساس المقارنة.

**٦- معامل التناظر (Symmetry Factor ):**

يعبر هذا المعامل عن مدى التجانس في عمليات الحت الممارسة على طرفي الحوض النهري، فاقتراب القيمة من (١) مؤشر على تجانس عمليات الحت على طرفي الحوض في حين أن اقترابها من (٠) دليل على نشاط عمليات الحت على أحد طرفي الحوض أكثر من الطرف الآخر، وتتخذ الشكل الآتي:

$$S = A_S / A_B$$

إذ أن : S : معدل التناظر

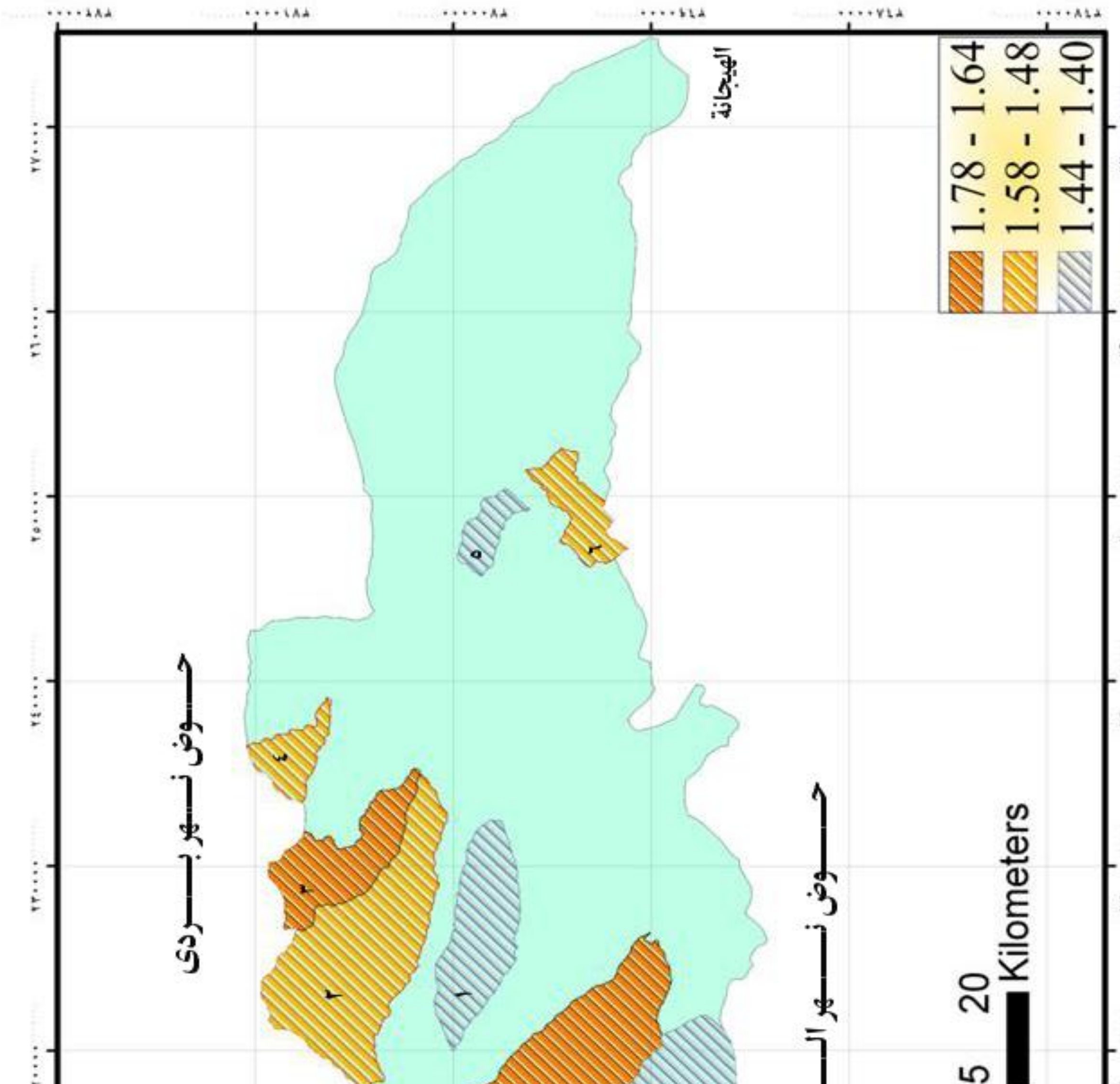
$A_S$: مساحة الجزء الصغير من الحوض

$A_B$: مساحة الجزء الكبير من الحوض

من الملحق رقم (٧) بلغت قيمة معامل معدل التناظر في حوض الأعوج حوالي (٠.٣٣) أي أن معدلات الحت تنشط في أحد قسمي الحوض على حساب الآخر ويعود ذلك بشكل رئيس إلى وجود وعرة زاكية التي تمتد على طول الجزء الجنوبي لحوض الأعوج مما أدى للحد من نمو الشبكة النهرية في القسم الجنوبي للحوض.

---

[1]- Gregory , K.J & Walling , D .E ; (1973) : Op .Cit . P51

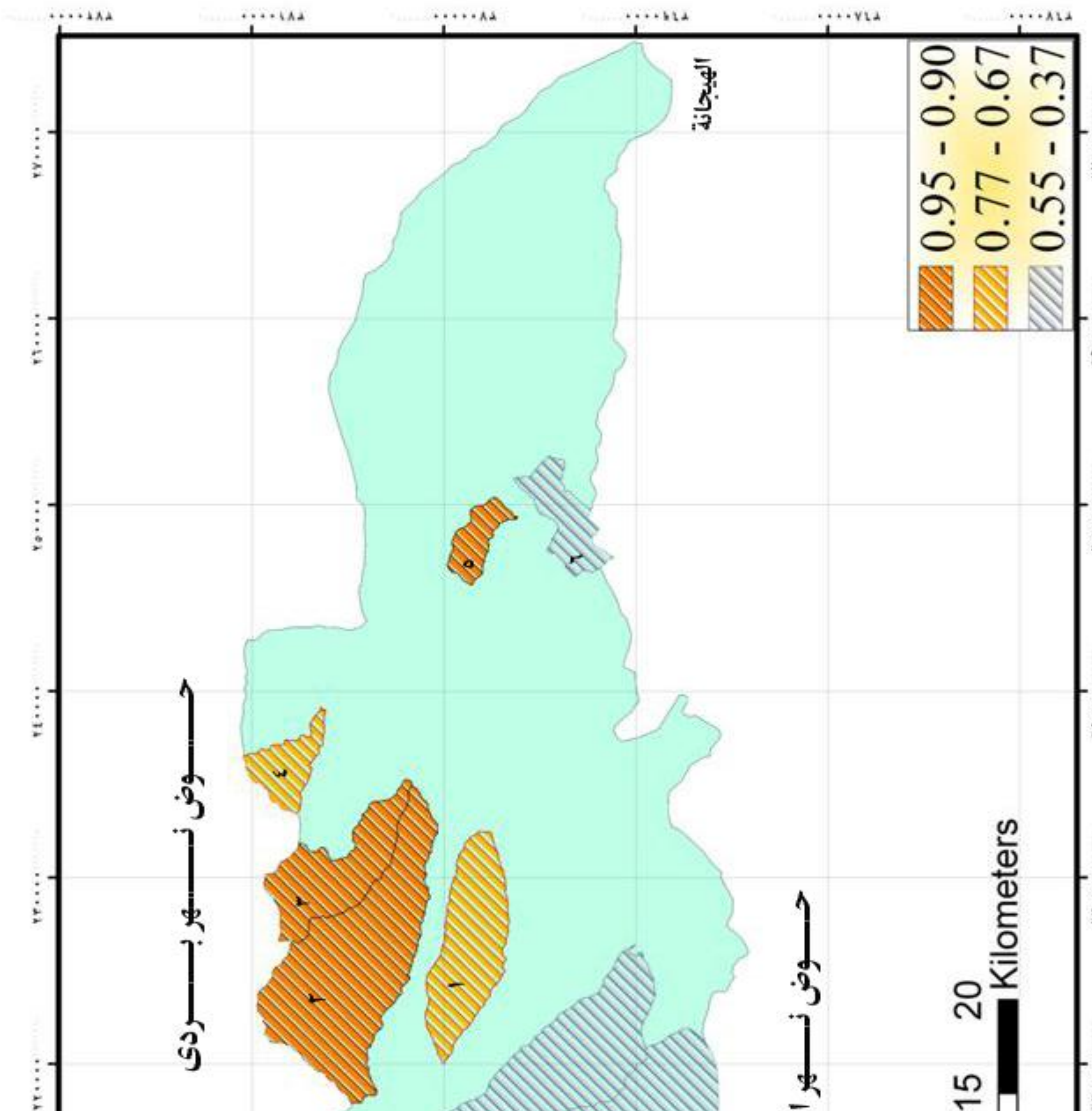



**الخريطة (١٥) فئات معدل الاندماج**

أما في باقي الحويضات راوحت القيم بين (٠.٩٤ – ٠.٣٧) الخريطة (١٦)، فبلغت أعلى القيم في الحويضات (٢- ٣- ٥) وهي على التوالي (٠.٩٤- ٠.٩٠- ٠.٩٠) أي أن عمليات الحت على جزئي الحوض شبه متساوية ويعود السبب في ذلك لوقوع الحويضة (١) على سهل أقدام جبل الشيخ بمكوناتها من الكونغلوميرات التي تساعد الشبكة النهرية على التوسع بشكل متساوٍ على جزئي الحوض، أما الحويضة (٣) فقد ساعد أحد ارتدادات فالق دمشق بمحوره المسايِر لمحور الحوض على نشاط الحت على جزئي الحوض، في حين أن الحويضة (٥) تأثرت بشكل رئيس بتوزع السلاسل الجبلية ذات المحاور المتوازية، مما أدى لنشاط الحت الذي تمارسه الشبكة النهرية على سفحي السلسلتين اللتين تضمان الحويضة.

أما في حويضة الجناني فبلغت قيمة المعامل (٠.٥٤)، ويرجع سبب انخفاضها إلى امتداد وعرة زاكية على طول الجزء الجنوبي للحويضة، أما في حويضة بحيران فبلغ معدل التناظر (٠.٥٠) بسبب امتداد فالق سرغايا على الجزء الجنوبي للحويضة ، وفي الحويضة (٦) فقد بلغ معدل التناظر فيها (٠.٣٧) متأثرة بشكل أساسي بطبيعة التوزع المتعامد للسلاسل الجبلية في المنطقة مما أدى لاختلاف توزع النشاط الحتي في الحوض.

أخيراً يجب الانتباه إلى أن تتبع المجرى الرئيس في الأحواض النهرية عند العمل على تطبيق معدل التناظر يخضع في بعض الحالات لتقديرات الباحث، وهذا يتعلق مباشرة بنمط الشبكة النهرية في الحوض وبالأخص النمط الشجري (Dendritic) والنمط المتوازي (Parallel) إذ يصعب تتبع المجرى الرئيس بشكل دقيق لذا يجب الانتباه عند تطبيق هذا المعامل في مثل هذه الحالات.




**الخريطة (١٦) فئات معدل التناظر**

**ثالثاً: خصائص أسطح حويضات التصريف النهري:**

تعد خصائص أسطح أحواض التصريف النهري انعكاساً صادقاً لتشابك مجموعة العوامل البنيوية والبنائية والمناخية التي تعد مجتمعة مسؤولة عن تطوير التضريس الأرضي (Morphogenesis) وإعطائه ملامحه الآنية تبعاً لنماذج الحت والتعرية والتراكم السائدة والمرتبطة بالعوامل السابقة، مما يولد نماذج مختلفة ذات دلالات باليوجيوغرافية غاية في الأهمية، إضافة لما يمكن أن تقدمه من مؤشرات عن المراحل الحتية التي وصلت إليها هذه الأحواض، فقد أوضح (Shorley1973) أن المرتفعات التي تتوزع داخل حدود الحوض النهري وبعيداً عن خط تقسيم المياه، هي شواهد على مستويات أساس قديمة تم تخفيض ما حولها بفعل عمليات الحت والتعرية التي تعرضت لها المنطقة معطية إياها سمات سطحية خاصة سيتم التطرق إليها في منطقة الدراسة بالاعتماد كل من :

١- معدل التضرس Relief Ratio

٢- رقم الوعورة Ruggedness Number

**١- معدل التضرس (Relief Ratio) :**

يعتمد هذا المعدل على متغيرين رئيسين هما طول الحوض و معدل تضرسه المحلي (الفرق بين أعلى وأدنى نقاط الحوض) الخريطة (١٧)، ومن ثم فنتائجه تعد مؤشراً عن الانحدار العام للحوض. و ضع هذه المعادلة (Shumm1956)[1] على الشكل الآتي :

$$R= H / L$$

إذ أن R = معدل التضرس.

H = التضرس المحلي.

L = طول الحوض

وبذلك تتخذ المعادلة الشكل الآتي :

$$R= \Delta(H_1 - H_2) / L$$

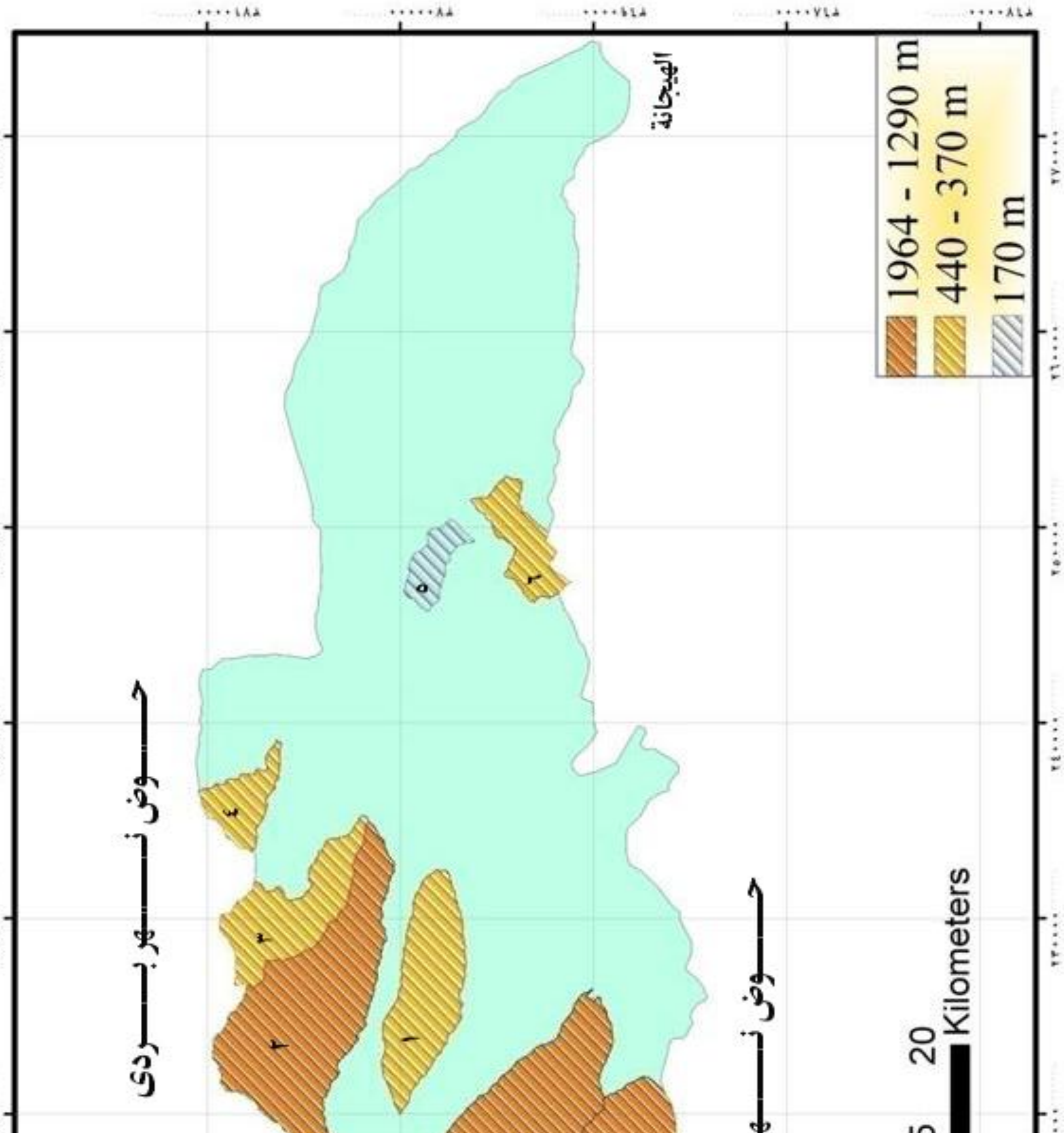
إذ أن $H_1$ , $H_2$ أعلى وأدنى نقطتي ارتفاع في الحوض على أن تكون أعلى النقاط عند خط تقسيم المياه وأدنى النقاط عند مخرج الحوض (Strahler 1952).

راوحت قيم معدلات التضرس في الحوض بين (٢٩.٢٧ – ٨٢.٦٥) الخريطة (١٨). ويبين الملحق رقم (٨ ) قيم معدلات التضرس والتضرس المحلي في الحوض.

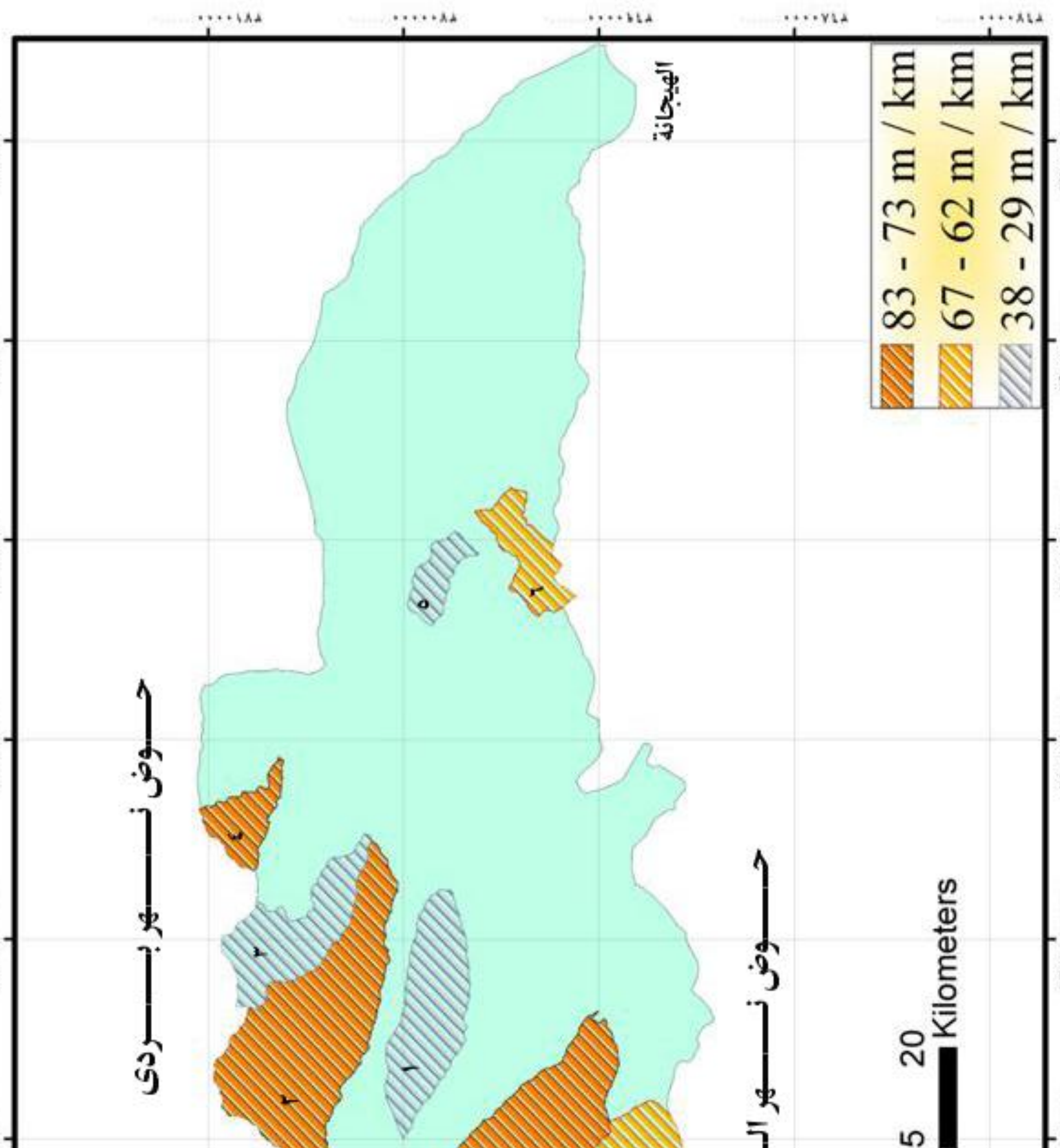
من الجدول الملحق، نجد أن قيم معدل التضرس تعكس فعالية عمل المنظومة الحتية داخل الحوض فارتفاع قيمة هذا المعامل دليل على نشاط وفعالية عمليات الحت الرأسي الذي تمارسه المجاري المائية، ومن ثم ارتفاع كمية الحمولة الرسوبية التي ستزداد مع ازدياد قيمة هذا المعامل.

بلغ معدل التضرس في حوض الأعوج حوالي (٣٠.١٦) م/كم، ويعود السبب في ذلك لازدياد طول الحوض مقارنة بمعدل تضرسه المحلي، فالوضع البنيوي للحوض فرض شروطاً خاصة من تركز فعالية الحت الأعظمي في الثلث الأول للحوض، وسطياً وخلال مسافة لا تتجاوز (٨- ١٠) كم يبلغ فرق الارتفاع على عرض الحوض حوالي (١٣٥٠) م، بعدها يتدرج الارتفاع متناقصاً نحو المصب، فباستثناء المرتفعات البنيوية في وسط الحوض والتي لا تتجاوز أعلى قممها (٩٥٠) م يكون تدرج الارتفاع من حوالي (٩٠٠) م عند أقدام جبل الشيخ حتى (٦٠٠) م عند منخفض الهيجانة، أي حوالي (٣٠٠) م على مسافة (٦٠) كم، ومن ثم نجد أن قيمة معدل التضرس أعطى مؤشراً مضللاً عن انحدار الحوض و فعالية الحت فيه .

[1]- Gregory , K.J & Walling , D .E ; (1973) : Op .Cit . P61 .




**الخريطة (١٧) قيم الضرس المحلي**

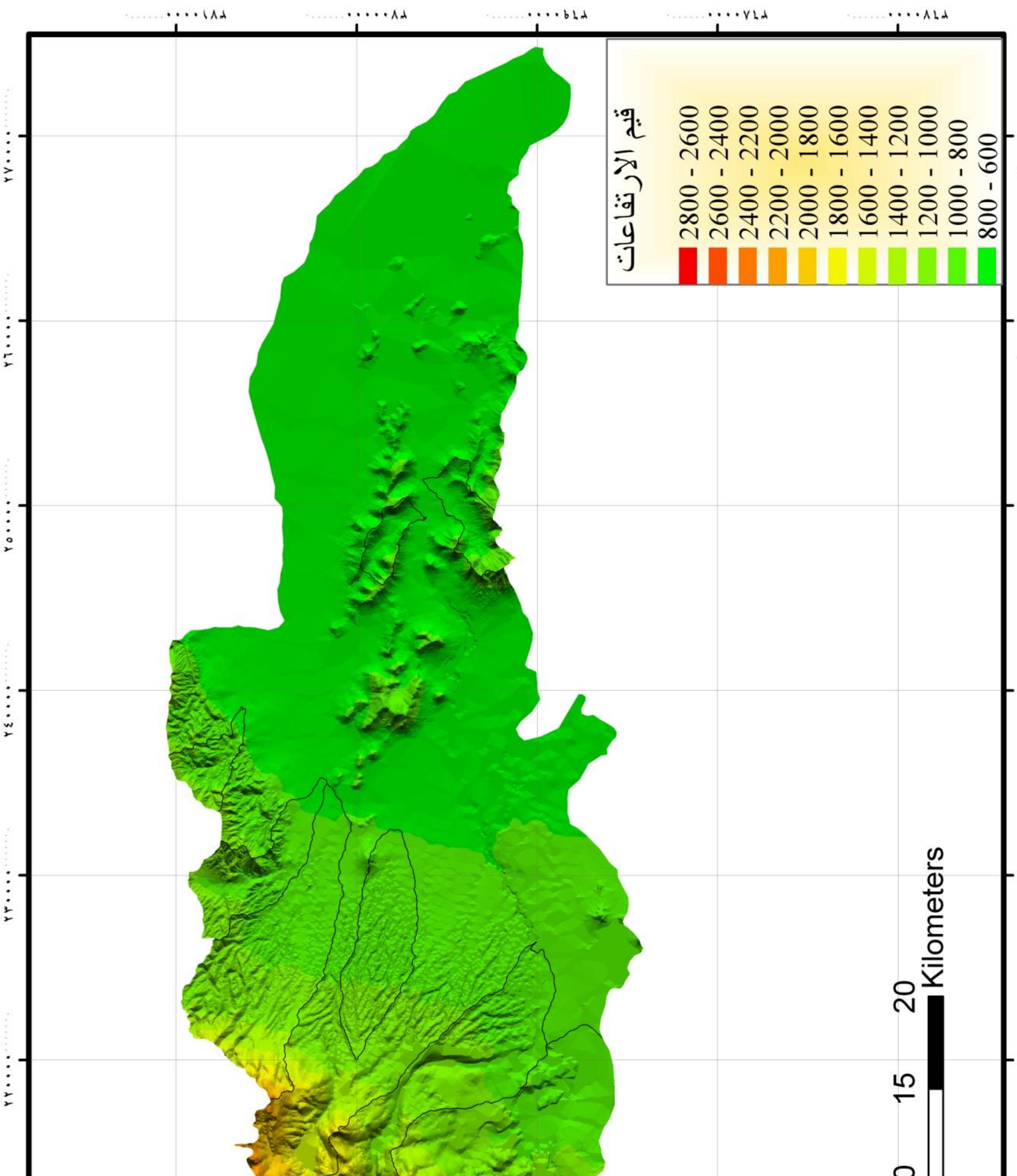



**الخريطة (١٨) قيم معدلات التضرس**

بلغت أعلى قيم لمعدل التضرس في حويضات ( بحيران، ٤، ٢، الجناني، ٦) الخريطة (١٩) على التوالي، ويعود سبب ارتفاع معدل التضرس في بحيران و الجناني بشكل رئيس لقرب أعلى نقط الارتفاع على خط تقسيم المياه فيها من مخارجهما ويرتبط ذلك بشدة تأثير العمليات البنائية في المنطقة.

أما الحويضة (٤) فتأثرت بوجود رسوبيات الأيوسين الأعلى المقاومة للحت قرب خط تقسيم المياه مانعاً المجاري العليا من التقدم باتجاه خط تقسيم المياه، ومن ثم تناقص طول الحوض مقارنة مع التضرس المحلي له، وفي الحويضة (٢) أدى وقوع الجزء الشمالي الغربي للحويضة على الطرف الشمالي لجبل الشيخ لارتفاع معدل التضرس فيها. أما في الحويضة (٦) التي ترتبط بشكل مباشر بمجموعة الكتل البنيوية في وسط الحوض ذات المحاور الجنوبية الشرقية – الشمالية الغربية، فقد ارتبط معدل التضرس بارتفاع قيم الفارق الرأسي في الحوض مقارنة بطوله. أما باقي الحويضات (٣-٥-١) فيرجع لوقوع الحويضات (١-٣) على مخروط أنقاض جبل الشيخ، ومن ثم انخفاض معدل التضرس المحلي فيهما، أما في (٥) فيعود لانخفاض التضرس المحلي بشكل رئيس.

مما سبق نجد أن ارتفاع معدل التضرس أو انخفاضه ارتبط بشكل رئيس بالعوامل البنائية التي أدت لزيادة معدل التضرس، في حين قامت العوامل الليتولوجية بعمل ثانوي في ذلك.




**الخريطة (١٩) مواقع حويضات التصريف**

**٢- رقم الوعورة (Ruggedness Number) :**

وضع (Strahler1956)[١] هذا المعامل للدلالة على التشويش الذي يصيب سطح الأرض نتيجة تقطعها بالشبكة النهرية، و تتخذ الشكل الآتي :

$$R = H.Dd$$

إذ إن : R : رقم الوعورة
H : التضرس المحلي
$D_d$ : كثافة الشبكة النهرية

ويرتبط معامل الوعورة بشكل حوض التصريف (المرحلة الحتية التي يمر بها الحوض) وانحدار سطحه وأثر الكسور والفوالق وليتولوجية السطح، وهذا ما لم يشر إليه القانون السابق.

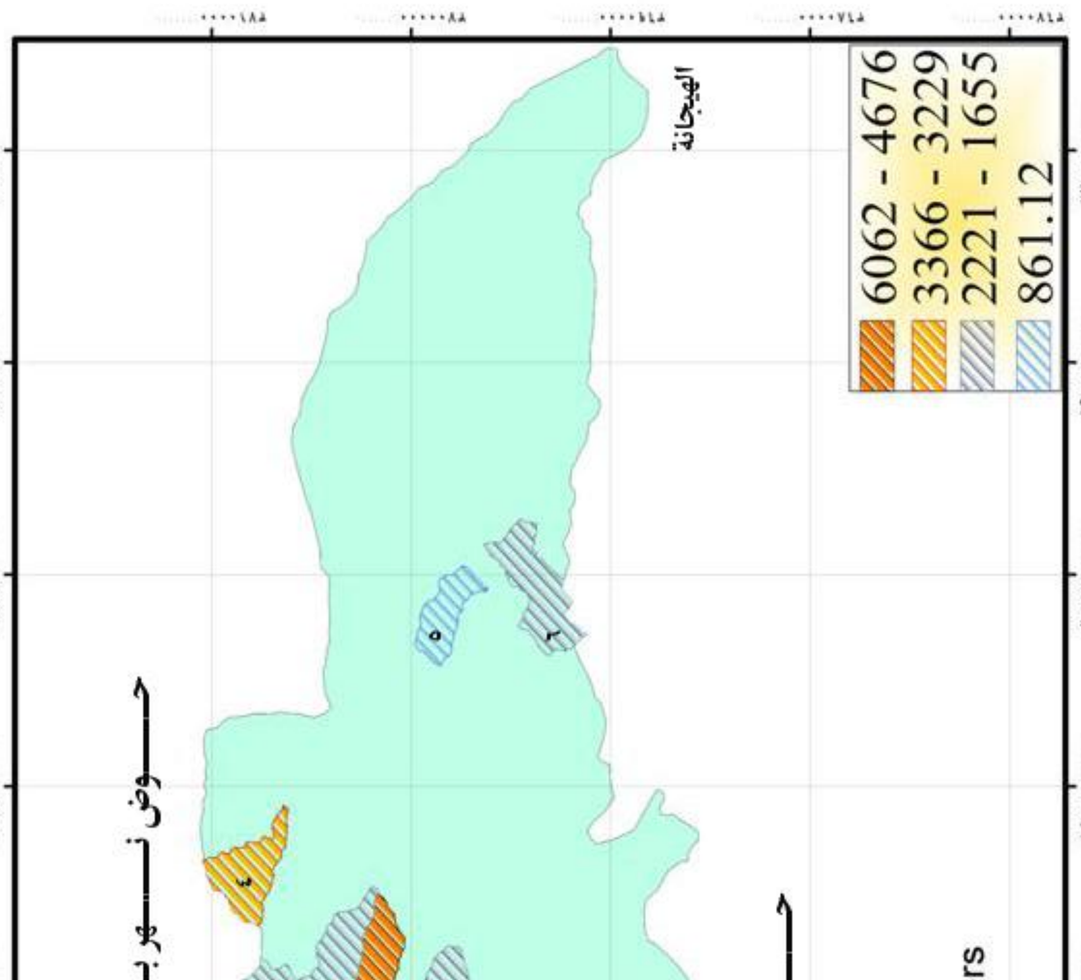
بلغت قيمة معامل الوعورة في حوض الأعوج (٤٨١٥.٣١) ويرجع سبب ارتفاع معدل الوعورة لارتفاع قيمة التضرس المحلي البالغ حوالي (٢٢١٤) م، إلا أن هذه القيمة لا تعطي إلا مدلولاً عاماً ومضللاً أحياناً عن معدل وعورة السطح، فإذا أخذنا منحنى التسوية (٧٩٠) م الواقع عند نهايات سهل أقدام جبل الشيخ ممثلة للقطاع الأعلى من الحوض، ومنها حتى المصب ممثلة للقطاع الأدنى، نجد أن رقم الوعورة يرتفع في القطاع الأعلى حتى (٧٠٨٦.٣) بسبب ارتفاع كثافة الشبكة النهرية والتضرس المحلي معاً (٣.٥٠١ كم/كم$^{٢}$ – ٢٠٢٤ م)، بينما ينخفض إلى (١٧٧.٣٢) في القطاع الأدنى بسبب انخفاض كثافة الشبكة النهرية ومعدل التضرس المحلي (٠.٩٣٣ كم/كم$^{٢}$- ١٩٥ م )، أي أن هنالك فرق كبير بين معدل الوعورة في أعلى الحوض وأدناه ويرجع ذلك بشكل رئيس إلى الفعالية البنائية المرتبطة بنطاق الطيات التدمرية التي أدت لعمليات النهوض الشديدة في المنطقة وتكشف ترسبات الكريتاسي والجوراسي مع توضعات النيوجين عند أقدام الجبال إضافة لشبكة الكسور والفوالق الملازمة لهذه الحركات التي أدت إلى زيادة في تشويش سطح المنطقة وارتفاع معدل التضرس المحلي فيها، بالمقابل يقع النطاق الأدنى ضمن نطاق منخفض جبل العرب المستقر، وتغلب على توضعاته السطحية الانبثاقات البركانية الثلاثية والرباعية إضافة للتوضعات الرباعية ذات الانحدارات اللطيفة (١- ٢درجة) مما أدى لانخفاض التضرس المحلي وانخفاض كثافة الشبكة النهرية.

أما في باقي الحويضات فقد راوحت قيمة معدل الوعورة بين (٦٠٦١.١٦ – ٨٦١.١٢) الخريطة (٢٠).

ويلاحظ من الملحق رقم (٩ ) أن أعلى قيمة في حويضة بحيران (٦٠٦١.٤٣) ويعود ذلك لارتفاع قيمة التضرس المحلي بشكل رئيس والناجمة عن فعالية الحركات البنائية في المنطقة، وبلغت أقل من ذلك في الجناني (٣٣٦٥.٤٣)، بسبب انخفاض معدل التضرس المحلي وانخفاض كثافة الشبكة النهرية لامتداد وعرة زاكية على الأطراف الجنوبية للحويضة.

---

1- Gregory , K.J & Walling , D .E ; (1973) : Op .Cit . P60




**الخريطة (٢٠) قيم رقم الوعورة**

أما الحويضة (٢) فبلغت قيمة معدل الوعورة (٤٦٧٦.١٤) بسبب ارتفاع قيمة التضرس المحلي الناجم عن وقوع الطرف الشمالي الغربي منها على أطراف جبل الشيخ، بينما ينخفض هذا الرقم إلى (٢١٦٥.٧٧ – ١٦٥٥.٢٢) في الحويضتين (٣- ١) اللتين تمتلكان القاعدة الليتولوجية نفسها تقريباً (البليوسين الأدنى)، ويرجع سبب انخفاض قيمة معدل الوعورة لانخفاض قيمة التضرس المحلي، رغم ارتفاع كثافة الشبكة النهرية فيهما لوقوعهما على المروحة الفيضية لجبل الشيخ، أما في الحويضة (٤) فبلغت القيمة (٣٢٢٩.٨٩) وهذا يعزى لارتفاع كثافة الشبكة النهرية فوق قاعدة من الصخور الباليوجينية، أما الحويضات (٥- ٦) فبلغت قيمهما (٨٦١.١٢- ٢٢٢٠.٧١) ورغم تشابه القاعدة الصخرية وكثافة الشبكة النهرية، فإن السبب الرئيس لاختلاف قيمة معامل الوعورة يرجع إلى اختلاف قيمة التضرس المحلي.

**رابعاً- العلاقة بين خصائص الأحواض:**

تفيد دراسة العلاقة بين خصائص أحواض التصريف، في تصنيف المتغيرات بين مؤثر ومتأثر، ولذلك سيتم دراستها باستخدام معادلة الارتباط (Person)، وقد بلغ عدد المتغيرات عشرة متغيرات، هي (المساحة، الطول، العرض ، نسبة الاستطالة، نسبة الاستدارة ، معامل الاندماج، معامل الانبعاج ، التضرس المحلي، معامل التضرس ، رقم الوعورة) وقد استبعدت القيم التي انخفضت عن (٠.٥) ووقعت درجة ثقتها الإحصائية دون (٢٥%)*

ترتبط المساحة بعلاقة طردية بكل من طول وعرض الحويضات النهرية، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط على التوالي (٠.٩٥ - ٠.٩٦) وقيمة معامل التحديد (٩٠% - ٩٣%)، لأن المساحة هي انعكاس لأبعاد الحوض النهري، كذلك ترتبط المساحة بعلاقة طردية قوية بكل من الوعورة والتضرس المحلي، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط (٠.٧١- ٠.٩٢) ويدل ذلك على أنه بازدياد التضرس المحلي تزداد فعالية الحت النهري، ومن ثم تزداد مساحة الأحواض النهرية وتزداد معدل وعورتها، كما ويرتبط الطول والعرض أيضاً بعلاقة طردية قوية مع كل من الوعورة والتضرس المحلي.

ارتبطت الاستطالة بعلاقة طردية إيجابية مع نسبة البيضوية وبلغت (٠.٩٩)، بينما كانت قيمة معامل الارتباط بين نسبة الاستطالة وكل من الانبعاج والاندماج (٠.٩٩- ،٠.٥٤-) وهي علاقة سلبية قوية ومتوسطة، ويعتبر هذا انعكاس للتناسب العكسي بين المتغيرات السابقة، فزيادة الاستطالة، تعني ابتعاد شكل الحوض النهري عن الشكل الكمثري، وعدم انتظام في خط تقسيم المياه، ومن ثم مرحلة حتية مبكرة.

ترتبط نسبة البيضوية بعلاقة سلبية ، مع معامل الانبعاج وبلغت (٠.٩٨-)، وهذا يدل على أنه كلما ازدادت قيمة نسبة البيضوية ، ابتعدت عن قيمة معامل الانبعاج، وهذا يعني مرحلة حتية مبكرة ، وهو ينطبق مع المدلول الجيومورفولوجي لنسبة البيضوية.

ترتبط قيمة معامل الانبعاج بعلاقة سلبية متوسطة مع الاستدارة (٠.٥٢-)، فارتفاع قيمة معامل الانبعاج يعني تناقص في قيمة نسبة الاستدارة، ومن ثم مرحلة حتية مبكرة، كذلك ترتبط

---

* تم استخدام برنامج Excel لحساب قيمة معاملات الارتباط، أما معامل التحديد أو درجة الثقة فيحسب من خلال العادلة التالية:

(معامل الارتباط)$^2$ × ١٠٠ ،ويرى Olifer أنه في حال انخفضت قيمة معامل الارتباط عن (٠.٥) ودرجة الثقة عن (٢٥%)، فإن العلاقة بين المتغيرين توصف بكونها علاقة عشوائية أو خاضعة لعامل الصدفة. ( نادر صيام، (١٩٩٥) : اتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا( دراسة إحصائية) ، مجلة رسائل جامعية، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت ص ٢٢).

نسبة الاستدارة بعلاقة سلبية متوسطة مع معامل الاندماج والبالغة (٠.٩٩-) أي أن ارتفاع قيمة نسبة الاستدارة، يرافقه انخفاض في قيمة معامل الاندماج، ومن ثم انتظام أكبر في خط تقسيم المياه، ومرحلة حتية متقدمة أكثر.

يرتبط معامل الاندماج بعلاقة إيجابية مع رقم الوعورة والتضرس المحلي وبلغت قيمة معامل الارتباط (٠.٦٦ - ٠.٥٣)، فانخفاض قيمة معامل الاندماج، يتبعه انخفاض في قيمة رقم الوعورة والتضرس المحلي، أي تقدم المرحلة الحتية التي يمر بها الحوض النهري.

# الفصل الثالث
## خصائص شبكات المجاري المائية

١- أعداد المجاري المائية ورتبها.
٢- معامل الالتقاء(نسب التشعب).
٣- أطوال المجاري المائية.
٤- كثافة الشبكة النهرية.
٥- تكرار المجاري المائية.
٦- نسبة النسيج الطبوغرافي.
٧- علاقات الارتباط بين الخصائص السابقة.
٨- علاقات الارتباط بين خصائص الأحواض وخصائص الشبكات.

تشكل شبكة المجاري المائية إحدى أهم عناصر منظومة أحواض التصريف النهري، عاكسة طبيعة العلاقة المعقدة بين كل من المناخ والبنية والبناء الجيولوجي، ورابطة أطراف أحواض التصريف بعضها بعضاً في محاولة لإزالة الفوضى الطبوغرافية ورسم مقطع إتزانها الطولاني المؤقت.

وقد حدد Schumm [١] العوامل والعمليات المؤثرة في شبكات التصريف النهري وهي :

١. العمليات الجيومورفولوجية من حت و ترسيب، وما يرتبط بها من عوامل ومتغيرات.
٢. بنية الحوض وبناؤه الجيولوجي.
٣. المرحلة العمرية التي بلغتها شبكات المجاري المائية في دورتها الحتية.

ولابد من الإشارة إلى أن هناك عدة عوامل تقوم بعمل هام في تحديد دقة العمل الإحصائي المورفومتري ، ويأتي في مقدمتها ما أشار إليه Derbyshire (1976) متمثلاً بمقياس الخارطة ودقتها ، لذلك ومن أجل تجنب التعميم في رسم الشبكة النهرية من الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠٠٠٠ فقد تم اللجوء إلى ترميم الشبكة النهرية من خلال إتمامها بطريقة التحزز الكونتوري (Contour Crenulation) ، وفي نقده لهذه الطريقة أشار (1973) Gregory بأنها تخضع في كثير من الحالات لاجتهادات الباحث، لذلك فقد تم اعتماد معايير عدة في أثناء الرسم، فمن ناحية الشكل أكدت Morisawa (1957) على ضرورة تتبع منحنيات الكونتور التي تأخذ شكل حرف (V)، ويظهر فيها الرأس بشكل واضح، ومن ناحية أدنى طول يمكن من خلاله ترميم المجرى فوجه Morgan (1971) بأن الحد الأدنى يبلغ حوالي ١٠٠ م عن الأساس المرسوم، أما Sakaguchi (1969) فأشار بأنه يمكن أن يصل حتى ٥٠٠ م، و حدد Morgan المستوى الأعلى لتتبع المجرى حتى أعلى منحنى كونتور محزز ووافقه بذلك Gardiner (1975) لكنه يزيده من (١) حتى (٤) منحنيات[٢] ، وبهذه الطريقة تم رسم الشبكة النهرية لحوض الأعوج الخريطة (٢١).

هذا وتشمل دراسة الخصائص المورفومترية للشبكة النهرية النواحي الآتية:

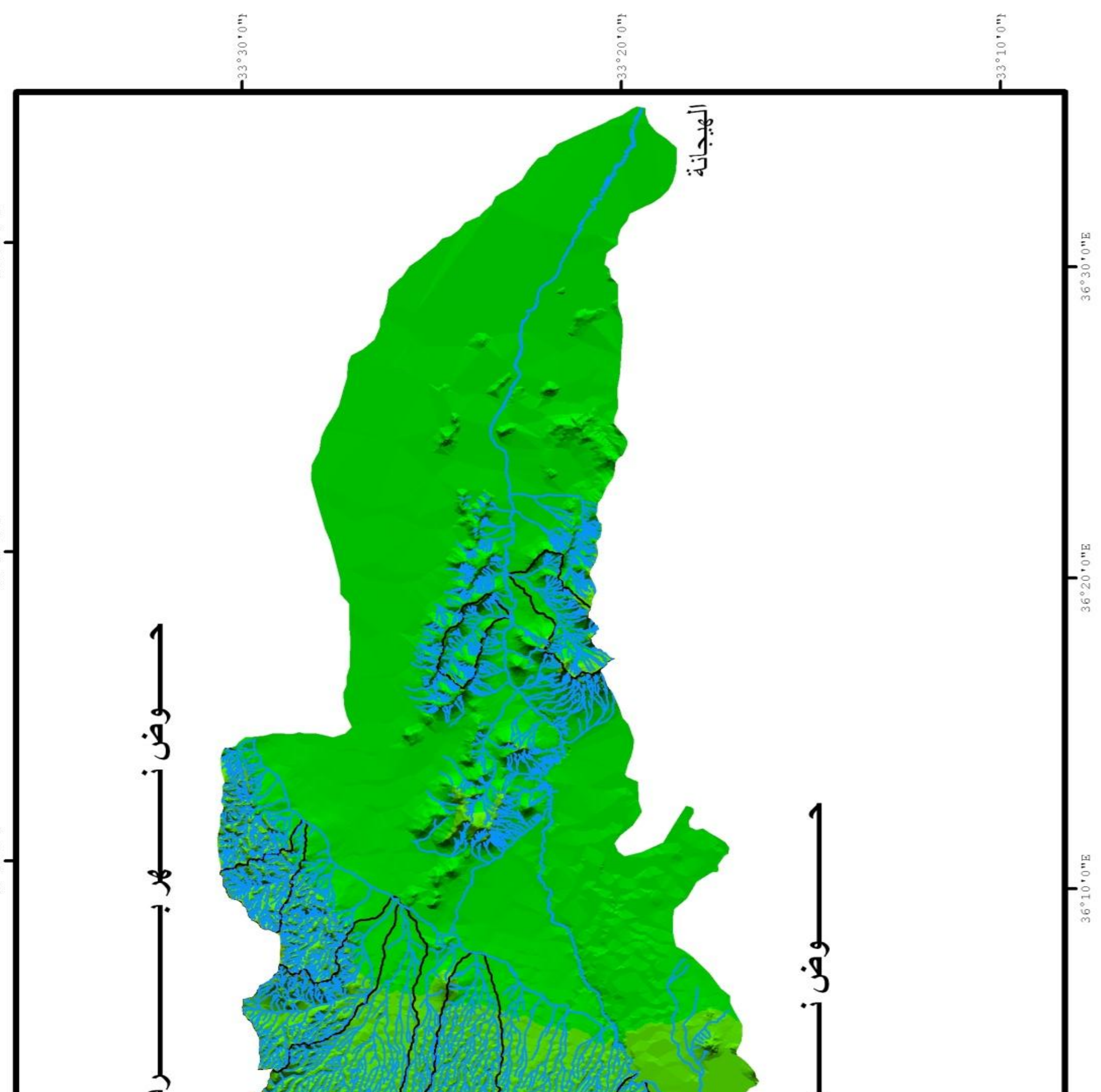
١- أعداد المجاري المائية والرتب.
٢- معامل الالتقاء(نسب التشعب).
٣- أطوال المجاري المائية.
٤- كثافة التصريف.
٥- تكرار المجاري المائية.
٦- نسبة النسيج الطبوغرافي.

بعد ذلك سيتم دراسة علاقة الارتباط بين هذه المتغيرات من جهة وبينها وبين خصائص أحواض التصريف من جهة أخرى.

---

١- Schumm, S. A; (1971): Fluvial Geomorphology in River Mechanics, in Schumm, S.A, (ed): River Morphology, Dowden – Hutchison & Ross, Pennsylvania, P370-376.

2- Gardiner, V., 1981. Drainage basin morphometry. In "geomorphological techniques", A. Goudie (ed), 47-55, George Allen & Unwin, London.




الخريطة (٢١) الشبكة النهرية لحوض الأعوج

**١- أعداد المجاري المائية ورتبها:**

تعد أعداد المجاري المائية إحدى المؤشرات المهمة للدلالة على مدى كفاءة شبكة التصريف النهري، فزيادة عددها يعني أن جزءاً كبيراً من التهطال ستتلقاه هذه المجاري وهذا من شأنه أن يقلل من عمليات التسرب في أجزاء الحوض المحيطة بهذه المجاري[1].

كما أن أعداد المجاري المائية تعد انعكاساً جلياً للأوضاع البنائية والبنيوية، فأعدادها تتناسب عكساً مع ازدياد قساوة القاعدة الصخرية وطرداً مع كثافة الشقوق والكسور، ويؤثر المناخ أيضاً في التطور الكمي لأعداد المجاري المائية التي تزداد مع ازدياد كمية التهطال، وللمرحلة الحتية التي يمر بها الحوض النهري أثر كبير في أعداد هذه المجاري فقد أشار Flint (1973) إلى أن أعدادها تزداد طرداً مع تقدم المرحلة الحتية للحوض النهري حتى ذروة مرحلة النضج[2] .

ويبين الملحق رقم (١٠) أعداد المجاري المائية في حوض الأعوج وحويضاته إذ بلغ مجموع أعداد المجاري في حوض الأعوج حوالي (٥٣٤٩) مجرى، بينما بلغ مجموع أعداد المجاري المائية في الحويضات المدروسة حوالي (٢٨٢٧) مجرى أي حوالي ٥٢% من أعداد مجاري الحوض، وقد بلغت قيمة الانحراف المعياري (١٤٢.٦٢) مجرى وهذا دليل على التباين الكبير في أعداد المجاري المائية الناجم عن تباينات المناخ والقاعدة الجيولوجية.

وبمقارنة أعداد المجاري المائية في الحويضات المدروسة مع مساحاتها نلاحظ تزايد أعداد هذه المجاري مع ازدياد المساحة، ويشذ عن ذلك حويضتا (بحيران) و(٣) و(٤)، ويرجع سبب ذلك في بحيران إلى الانحدارات الشديدة إضافة لشبكة الكسور الكثيفة المتوافقة مع هذه الانحدارات والناجمة عن النشاط البنائي الشديد، ساعدت على زيادة أعداد المجاري، أما في الحويضة (٣) فتقوم توضعات الميوسين الأوسط المكونة من الحجر الرملي والكونغلوميرات والطين دوراً كبيراً في زيادة أعداد المجاري المائية فيها، أما في الحويضة (٤) فقد قامت رسوبيات الكريتاسي المكونة من الحجر الكلسي الحواري الطري بعمل مهم في زيادة أعداد المجاري المائية رغم صغر مساحة الحويضة ، ورغم الأسباب سابقة الذكر فيجب ألا نهمل الدور الكبير الذي يقوم به المناخ في التأثير على أعداد المجاري المائية، وأن هذه المجاري هي في النتيجة محصلة تفاعل العوامل السابقة، فمعدل الأمطار السنوية الذي يبلغ حوالي (٧٠٠) ملم في جبل الشيخ، حيث حويضات بحيران و الجناني تنخفض حتى حوالي (٤٠٠) ملم في كتلة جبل خاشين، وحتى (٢٠٠) ملم في كتلة جبال المانع.

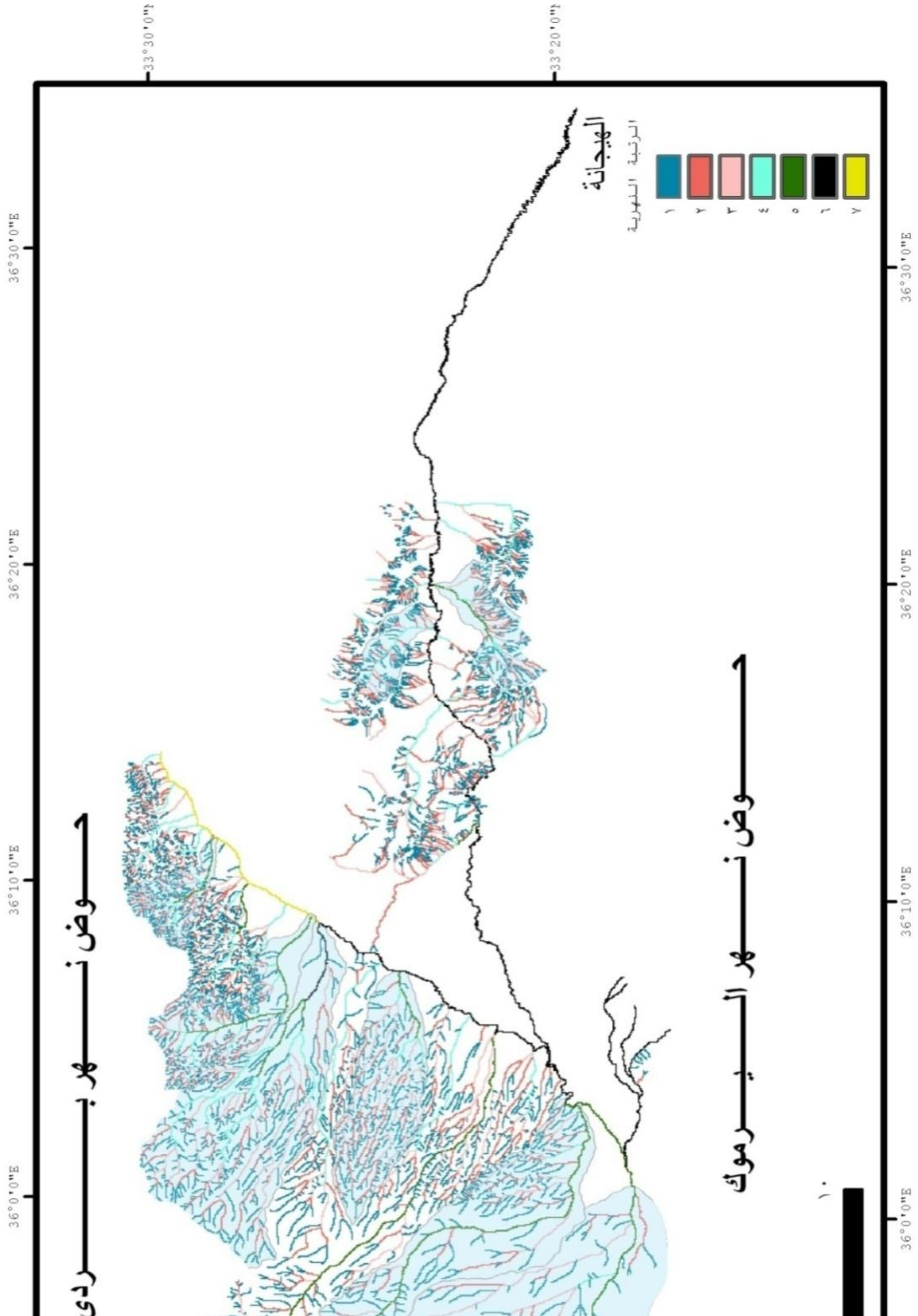
و من أجل تحديد رتب المجاري المائية في الحوض، فقد تم إتباع طريقة Strahler الخريطة (٢٢) التي تعتمد على مبدأ تفوق الرتبة الأعلى في حال التقاء مجريين من رتبتين مختلفتين، وزيادة الرتبة في حال التقاء مجريين من رتبتين متساويتين، وبقاء رتبة المجرى ثابتة طالما يرفده مجرى أقل رتبة.

ورغم النقد الموجه لهذه الطريقة كونها تتجاهل حالات التقاء المجاري ذات الرتبة الأدنى من رتبة المجرى المستقبل لها، وبذلك تفقد أهم وظائفها في إبراز حجم الشبكة النهرية، إلا أن اعتماد حساب معامل الالتقاء (نسبة التشعب) على طريقة Strahler في تحديد الرتبة، كان الدافع وراء استخدامها. ويوضح الملحق (١١) أعداد رتب المجاري المائية في حوض الأعوج وحويضاته:

---

[1] أحمد سالم،(١٩٩٩)، السيول في الصحارى نظرياً وعملياً، دار الكتاب الحديث، القاهرة، ص٥٣

[2] Flint, J.J, (1973): Experimental Development of headword Growth of channel Net-work, Geo. Sci, Amer, Bull, V. 84. P 1090-1901.




الخريطة (٢٢) الرتب النهرية في حوض الأعوج حسب Strahler

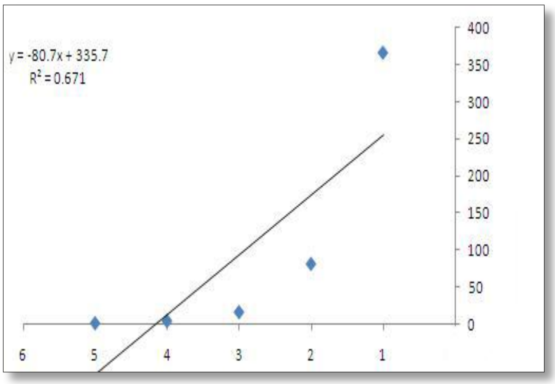
من الملحق رقم (١١)، ينتمي حوض الأعوج إلى المرتبة السابعة، في حين تنتمي الحويضة (٢) إلى المرتبة السادسة، أما باقي الحويضات فتنتمي إلى المرتبة الخامسة باستثناء الحويضة (٥)، فهي من المرتبة الرابعة، وبلغ مجموع أعداد مجاري الرتبة الأولى (٤٠٧٩) مجرى، أي حوالي (٧٦.٢٥%) من مجموع أعداد المجاري، وتصل هذه النسبة حتى (٩٣.٨٨%) إذا أضفنا إليها مجموع مجاري الرتبة الثانية، وهذا ينطبق مع ما أشار إليه Doornkamp and king[1] من تركز معظم المجاري المائية في الرتبتين الأولى والثانية في المناطق ذات الصخور السطحية الجرداء.

- **العلاقة بين أعداد المجاري ورتبها:**

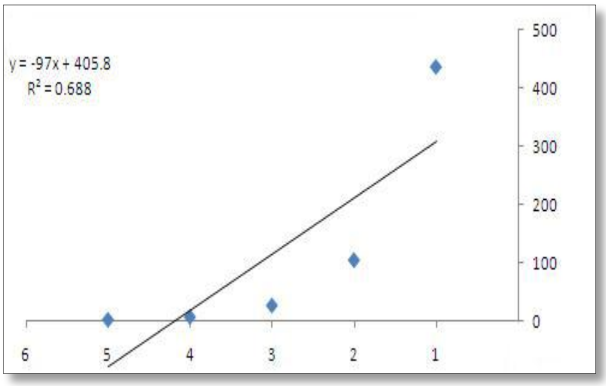
يلاحظ من الشكل رقم (٢٠) الذي يبين العلاقة الخطية من خلال خط الانحدار وقيمة ($R^2$)، بين كل من أعداد المجاري المائية والرتبة في كل حوض، ما يأتي :

توضعت قيم مجموع مجاري الرتب الأولى في حوض الأعوج وحويضاته أعلى خط الانحدار وبمسافة ملحوظة منه، بينما توضعت باقي القيم دون هذا الخط، مما يدل على أن معدل تناقص القيم لا يأخذ منحى منتظماً، ويعود ذلك لمجموعة الاختلافات المحلية كالانحدارات والتضرس والكسور فيبين القطاعات العليا والوسطى والدنيا من الحوض النهري، وقد راوحت قيم $R^2$ بين (٠.٥ – ٠.٦)، ويشذ عما سبق الحويضات (٦) و (٥)، إذ بلغت قيمة $R^2$ على التوالي (٠.٧ – ٠.٨) ويعود ذلك لتشابه القاعدة الجيولوجية المكونة من الصخور الميوسينية البازلتية في كلتا الحويضتين، لكن وعلى الرغم من ذلك فإننا نشهد في الحويضتين (١) و (٢)، ورغم تشابه القاعدة الجيولوجية المكونة من الكونغلوميرات، فإن قيمة $R^2$ تتراوح بين (٠.٥٨ – ٠.٥٧)، وربما سمحت القاعدة الجيولوجية الطرية والانحدار اللطيف لمخروط أنقاض جبل الشيخ بتشكيل نمط من التصريف الريشي المتوازي الذي سمح بزيادة كبيرة لأعداد المجاري من الرتبة الأولى، مقارنة بالمجاري المائية لباقي الرتب، ومن ثم انخفاض قيمة $R^2$ .

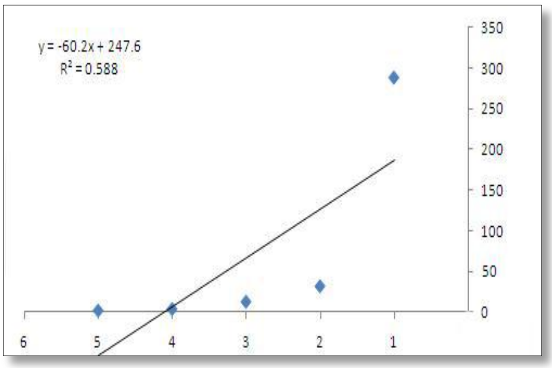
[1] Doornkamp , J C & King , C , A , M ; (1971) :Numerical Analysis in Geomorphology An Introduction , London , PP 8 .



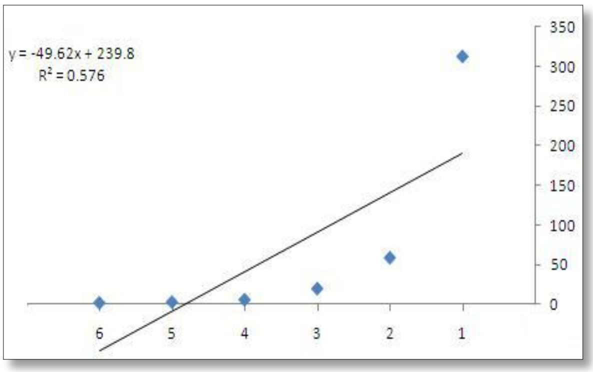

حويضة الجناني



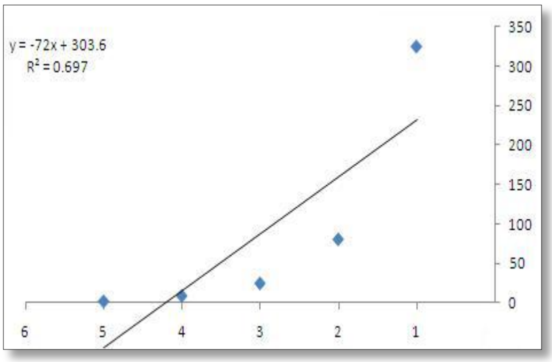

حويضة بحيران



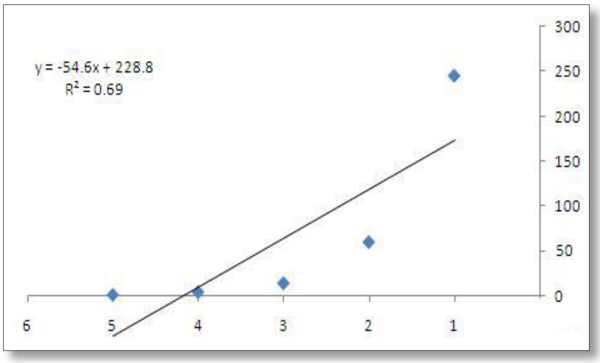

حويضة ١



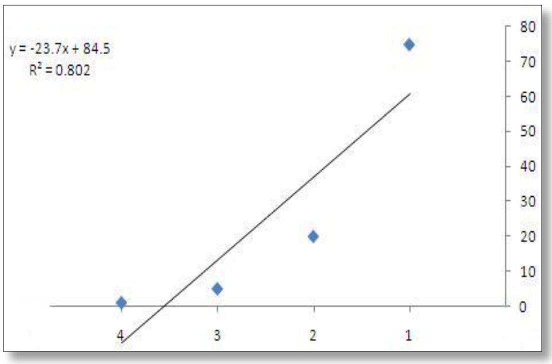

حويضة ٢



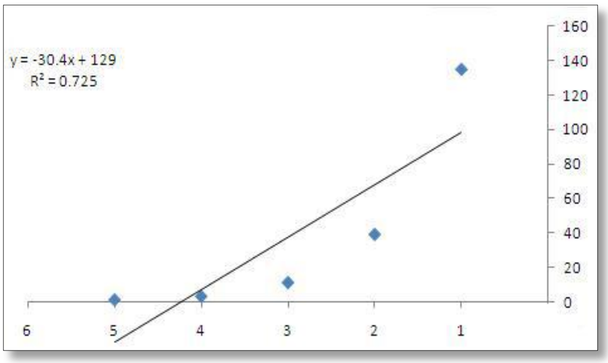

حويضة ٣



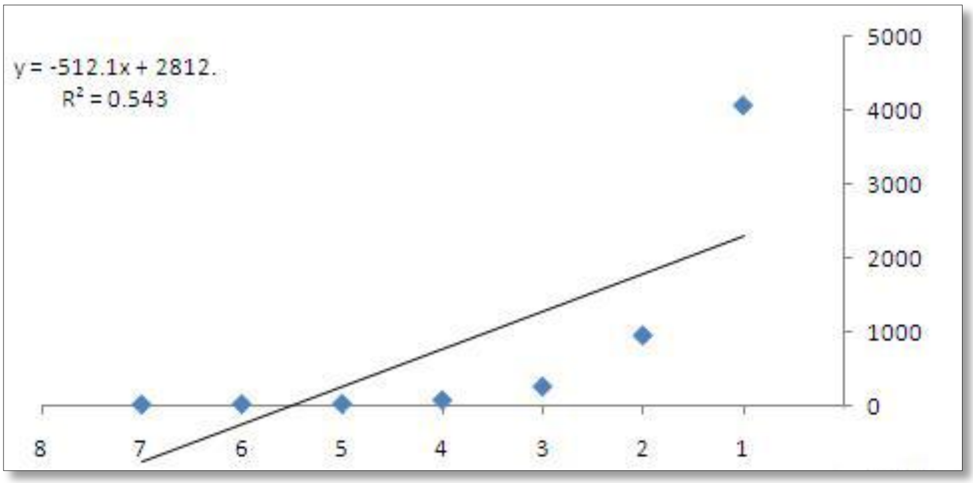

حويضة ٤




الحويضة ٥




الحويضة ٦




حوض الأعـــــوج

**شكل رقم (٢٠) يبين العلاقة الخطية بين مجموع أعداد المجاري المائية والرتب.**

**٢- معامل الالتقاء( Rapport Confluence)*:**

يرتبط معامل الالتقاء بعلاقة وطيدة مع عمليات الجريان النهري من خلال علاقته بأشكال أحواض التصريف ، فالأحواض التي تميل إلى الاستطالة غالباً ما ينخفض فيها معامل الالتقاء، لذا تتأخر بها عمليات الجريان مما يعطي الفرصة لضياع جزء كبير من الجريان عن طريق التسرب والبخر، أما في الأحواض المستديرة فترتفع قيمة معامل الالتقاء، وهذا ما يساعد على أن يتم الجريان بوقت أقصر(١)،إلا أن ارتفاع قيمة هذا المعامل، بالمقابل تعني زيادة أكبر في توزيع الطاقة الحركية للمياه، ومن ثم ضياع جزء من هذه الطاقة عن طريق الاحتكاك بجوانب وقاع المجرى المائي. كما ترتبط نسبة التشعب ارتباطاً وثيقاً بنمط توزيع المجاري المائية، إذ يلاحظ أنها منخفضة في الأحواض ذات نمط التصريف المتوازي و مرتفعة في الأحواض ذات نمط التصريف الشجري و الريشي.

وتتخذ معادلة معامل الالتقاء الشكل الآتي:

$$Rc = \frac{Nx}{Nx+1}$$

إذ أن : Rc: معامل الالتقاء

Nx: عدد المجاري في رتبة x

Nx+1: عدد المجاري في رتبة x+1

أما من أجل حساب معامل الالتقاء للحوض بأكمله، فيتم ذلك من خلال العلاقة التي اقترحها Strahler والتي عرفت (بنسبة التشعب المرجح Weighted Bifurcation Ratio ويمكن الحصول عليها من خلال تتبع الخطوات الآتية:

- حساب معامل الالتقاء بين كل رتبتين متتاليتين × مجموع مجاري هاتين الرتبتين
- مجموع حاصل الضرب في كل خطوة مما سبق
- تقسيم مجموع حاصل الضرب السابق على عدد مجاري الحوض (٢)

* أوضح غزوان سلوم (٢٠٠٤)إن مصطلح نسبة التشعب يوحي بأن المجرى يتشعب إلى عدة فروع (كما هو الحال في الدلتا)، وذلك حسب النسبة الناتجة، في حين صيغت المعادلة الموضوعة لاستخراج هذه النسبة على مفهوم معاكس تماماً، وهو أن مجموعة من المجاري في الرتبة س ، تتجمع في مجرى هو من الرتبة س+١ واقترح مصطلح معامل التجمع أو الترافد، في حين يقترح الطالب تعديل مصطلح نسبة التشعب إلى معامل الالتقاء.

(١) أحمد صالح سالم،(١٩٩٩)، مرجع سبق ذكره،ص٥٣

(٢) آرثر ستريهلر، (١٩٩٧)،الجغرافيا الطبيعية،ترجمة محمد السيد غلاب، مكتبة الإشعاع الفنية، الإسكندرية، ص ٢١١.

كما من الممكن حساب معامل الالتقاء لكامل الحوض باستخدام علاقة Bravard[١]، وهي على النحو الآتي:

$$Log\ Rc =: a := \frac{(\text{Log Nx})-(\text{Log Nx+1})}{-1}$$

$$Rc = 10^{a}$$

وقد كانت نتائج تطبيق العلاقة الأخيرة قريبة جداً من نتائج تطبيق علاقة Strahler فقد بلغت قيمة معامل الالتقاء للشبكة النهرية في حوض الأعوج (٥.٢)، حسب Strahler و (٥.٠١) حسب Bravard .

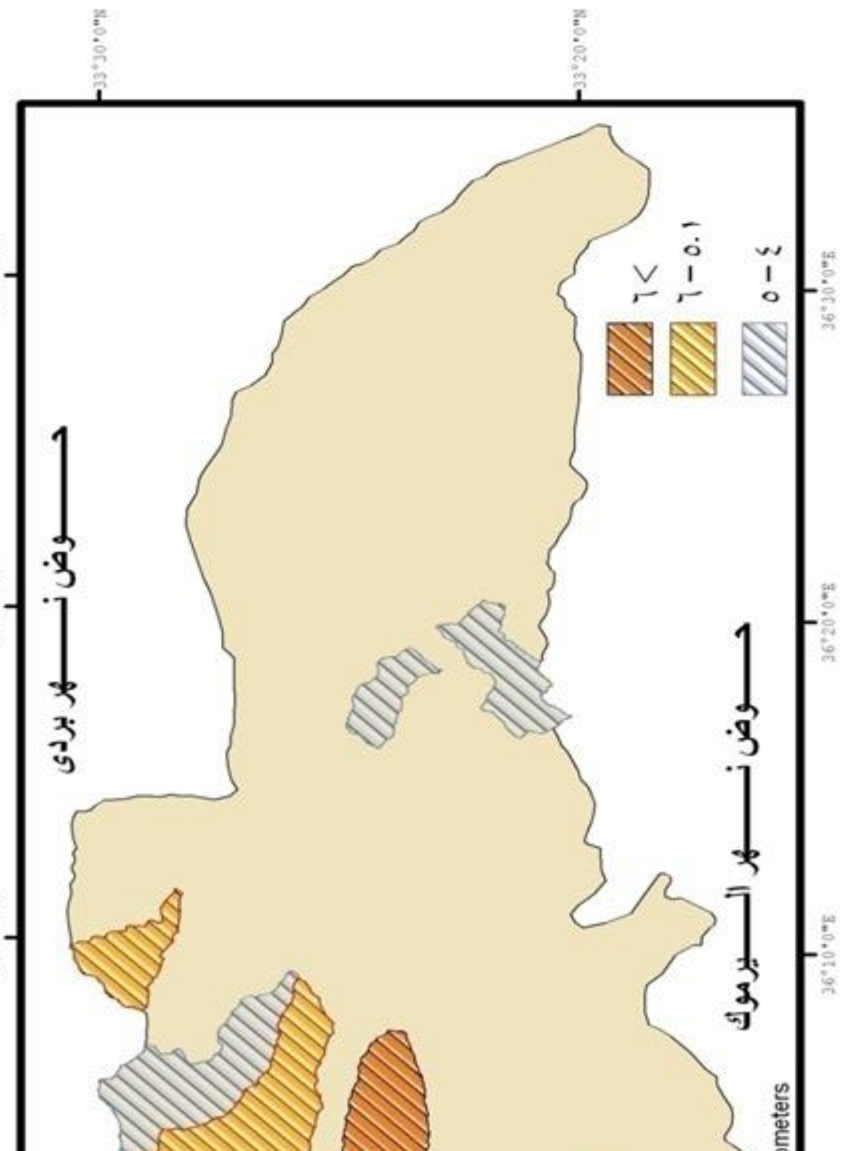
و الملحق رقم (١٢) يوضح قيم معامل الالتقاء في حوض الأعوج:

إذ نجد ما يأتي:

بلغت قيمة معامل الالتقاء في حوض الأعوج (٥.٢)، وراوحت قيم معدله بين (٣.٣ - ٤.٦) بينما راوحت قيم معامل الالتقاء على المستوى الحوضي بين (٩.٢ - ٤.٣).
تقاربت قيم معامل الالتقاء في حويضتا الجناني و بحيران، وهي على التوالي (٥.١- ٥.٥ )، وعلى مستوى الرتب الأولى والثانية بلغت القيم (٤.٢-٤.٥ ) ويعود ذلك لتشابه القاعدة الجيولوجية في مناطق الروافد العليا في كلا الحويضتين، والمؤلفة من الصخور الكلسية الجوراسية، كذلك تتشابه قيم معامل الالتقاء في كل من الحويضات (٣-٤) لتماثل القاعدة الصخرية المؤلفة في القطاع الأعلى من الصخور الباليوسينية والقطاع الأوسط والأدنى من الصخور الكلسية الكريتاسية والحويضات (٥-٦) ذات القاعدة الصخرية البازلتية الميوسينية، أما في الحويضات (١- ٢)، فقد تباينت قيم هذا المعامل بشكل كبير بين هاتين الحويضتين من جهة وبين الحويضة (١) وباقي حويضات الحوض من جهة أخرى، ويقوم نمط التصريف السائد على التوضعات الباليوجينية من الكونغولوميرات في هذه الحويضة (المتوازي- الريشي) بعمل مهم في هذا التباين مع الحويضات أما سبب التباين مع الحويضة (٢) فيعود لوقوع جزء من الشبكة النهرية على سفوح جبل الشيخ الكلسية والجزء الآخر على مخروط أنقاض الجبل، مما أدى لتباين نمط التصريف.

---

(١) Bravard,j,(2000),Les cours d'eau(dynamique du systeme fluvial),paris juillet




الخريطة رقم (٢٣) يبين قيم معامل الالتقاء

**٣- طوال المجاري المائية:**

يرتبط طوال المجاري المائية بعلاقة وثيقة مع كل من طبوغرافية وبنية وبناء أحواض التصريف النهري، فالانحدارات الشديدة تنعكس سلباً على هذه الأطوال، فهي تدفعها لتصبح أكثر استقامة مخففة من الانحناءات والانعطافات التي تزيد من أطوالها، أما من الجانب الليتولوجي، فزيادة صلابة القاعدة الصخرية التي ترتسم عليها الشبكة النهرية، يزيد من أطوالها على حساب أعدادها، وبالمقابل فإن أطوال المجاري ستتأثر عكساً بنفوذية هذه القاعدة، مما سيؤدي إلى تناقص أطوالها، ومن ناحية التأثيرات البنائية فتزداد أطوال المجاري المائية بازدياد أطوال الكسور والفوالق المرتبطة بها.

كذلك فإن لأطوال المجاري المائية علاقة مباشرة بالجريان النهري من خلال تأثيرها على المسافة التي يقطعها الجريان في الروافد حتى يصل إلى المجرى الرئيس، أو في الشبكة النهرية حتى يصل المصب، ومن ثم فإن زيادة متوسط الطول في الرتبة الواحدة يعني زيادة طول مدة الجريان، ومن ثم زيادة الفاقد عبر التسرب والبخر، مما يؤدي إلى انقطاع الجريان وعدم تواصله[١]، كما تتأثر أطوال المجاري المائية بالمرحلة الحتية التي تمر بها أحواض التصريف النهري، ففي سعي النهر لرسم مقطع اتزانه الطولاني، يقوم بإرسال مجاريه المائية عبر الحوض باتجاه خط تقسيم المياه شيئاً فشيئاً، مما يزيد من أطوالها مع تقدم المرحلة الحتية حتى ذروة النضج. ويبين الملحق رقم (١٣) أطوال المجاري المائية ما يأتي:

بلغت مجموع أطوال مجاري حوض نهر الأعوج (٢٥٢٦.٩) كم، وشكلت فيه أطوال الحويضات المدروسة (٥٥%) من إجمالي طول المجاري المائية. وتبين العلاقة الخطية بين أطوال المجاري المائية والرتب في حوض الأعوج الشكل (٢١) وجود انحراف لقيمة الرتبة السادسة عن النمط العام للقيم، بوقوعها أعلى خط الانحدار، ويعود ذلك لارتفاع قيمة طول هذه الرتبة مقارنة بالرتبتين الخامسة والسادسة، وهذا ناجم عن ارتداد محتمل لفالق دمشق، سمح بتفرع هام لنهر الأعوج (الديراني) مما أدى لزيادة في طول مجرى الرتبة السادسة.

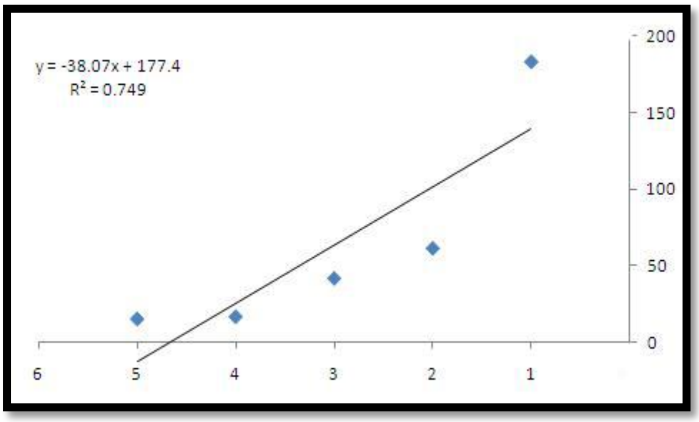
بلغت قيمة معامل الارتباط بين مجموع أطوال مجاري حويضات التصريف ومساحاتها حوالي (٠.٩٦٦) وبلغت قيمة معامل الثقة $R^2$ (٩٣) وهذا يدل على شدة الارتباط بين كل من أطوال المجاري في الحويضات ومساحاتها، في حين بلغت قيمة الانحراف المعياري (١١٤.٥) مجرى، مما يشير إلى الفوارق الكبيرة في أطوال المجاري بين الحويضات المدروسة.

شكلت أطوال المجاري المائية في حويضتي الجناني وبحيران (٢٧%) من مجموع أطوال المجاري في الحويضات المدروسة، وفي حين كان لشبكة الكسور المتعامدة مع محو ر الحويضة في بحيران الدور الرئيس في زيادة أطوال المجاري المائية فيها، كان لصخور الميوسين الأوسط والمكونة من الحجر الكلسي النيموليتي الشبيه بالحوار، تأثير مهم في زيادة أطوال مجاري حويضة الجناني، يضاف إلى ذلك أن كمية التهطال الكبيرة في منطقة جبل الشيخ، لعبت دوراً أساسياً في زيادة نشاط الحت التراجعي، ومن ثم زيادة أطوال المجاري المائية في هاتين الحويضتين مقارنة بباقي الحويضات.

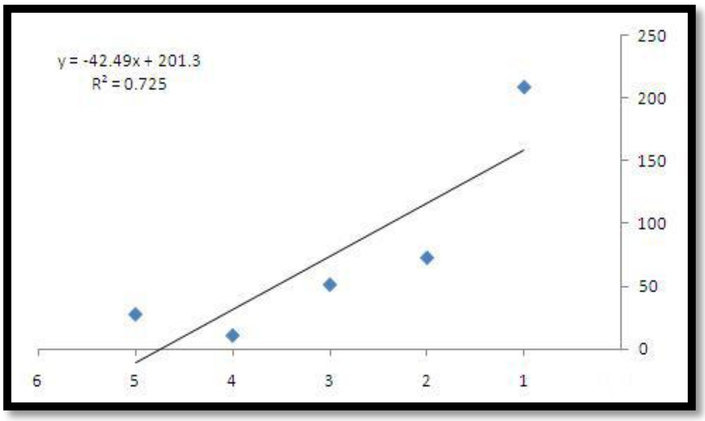
بلغت أكبر قيمة لـ $R^2$ حوالي (٠.٩٣) في الحويضة (١) ويعود ذلك لتجانس القاعدة المؤلفة من الكونغلوميرات التي رسمت عليها الشبكة النهرية مجاريها، بينما بلغت قيم $R^2$ في الحويضات (٢-٣-٤-٥-٦) على التوالي (٠.٨ - ٠.٨١ - ٠.٧ - ٠.٦ - ٠.٨٦)، ويعود تدني قيم $R^2$ في الحويضتين (٣،٢) عن الحويضة (١) إلى وقوع جزء من شبكتيهما النهريتان على مخروط أنقاض جبل الشيخ، والجزء الآخر على السفوح الشرقية جبل الشيخ في الحويضة (٢) وعلى السفوح الغربية لجبال خاشين في الحويضة (٣). أما الحويضات (٦،٥) فعلى الرغم من تشابه القاعدة الصخرية لكليهما وتجانسها على امتداد الحويضتين، فقد أدت الطبوغرافية عملاً

[١] أحمد صالح سالم، (١٩٩٩)، مرجع سبق ذكره،ص٥٤

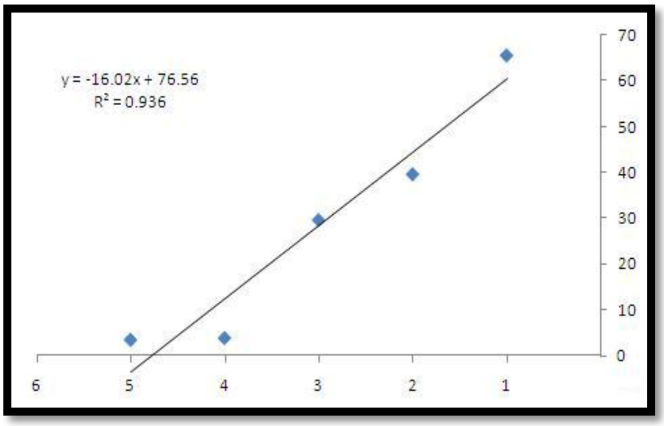
رئيساً أسهم في تباين قيم معامل الثقة، فالانحدارات الشديدة التي تطل على المجرى الرئيس في الحويضة (٥) من جهة، وقصر المسافة بين خط تقسيم المياه وهذا المجرى من جهة أخرى، أدى لوجود هذه الفروقات في أطوال المجاري .



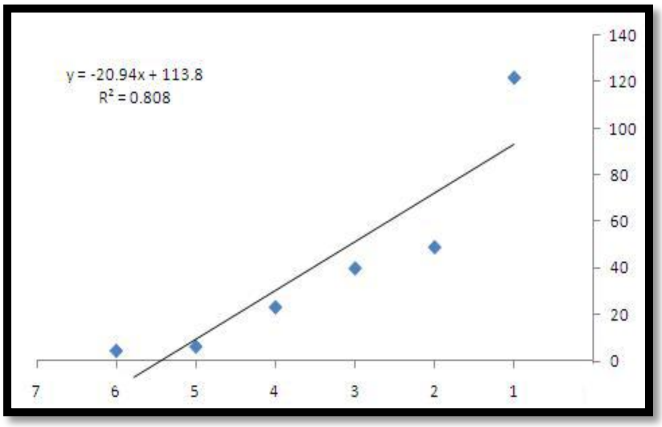

حويضة الجناني



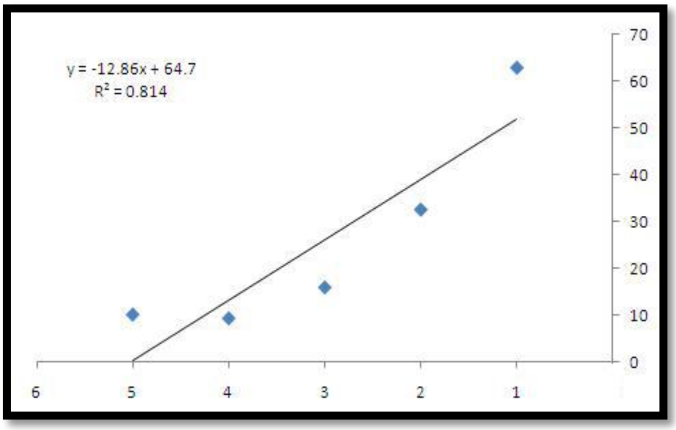

حويضة بحيران



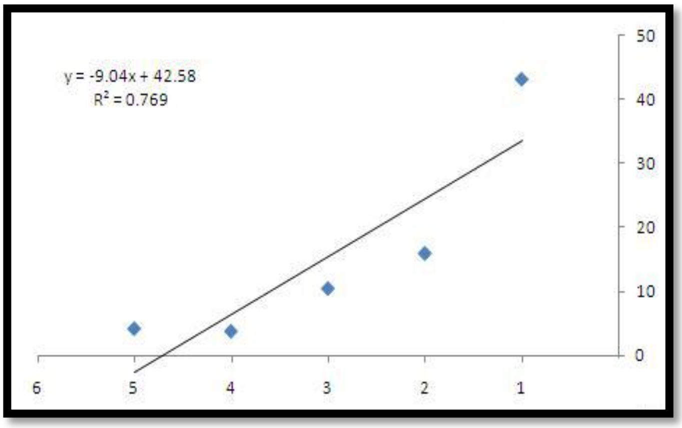

الحويضة١



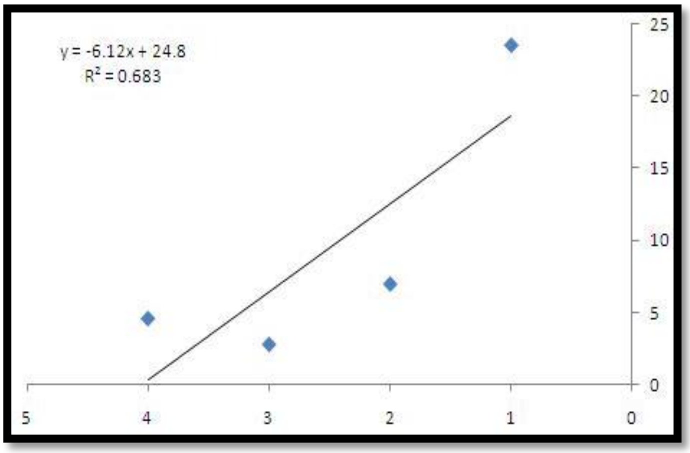

الحويضة٢



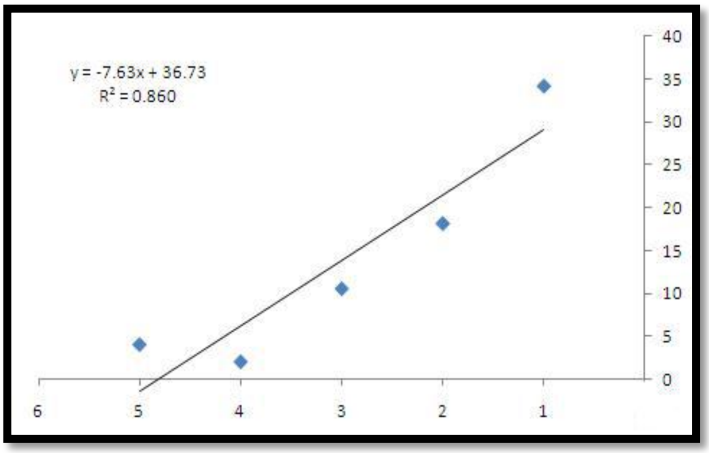

الحويضة ٣



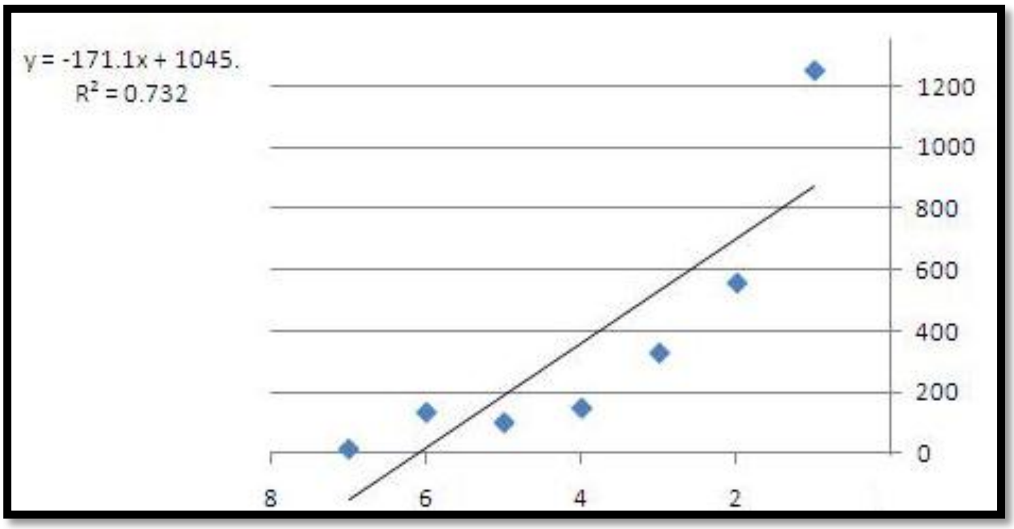

الحويضة ٤




الحويضة ٥




الحويضة ٦




حوض الأعوج

**شكل رقم (٢١) يبين العلاقة الخطية بين مجموع أطوال المجاري المائية والرتب.**

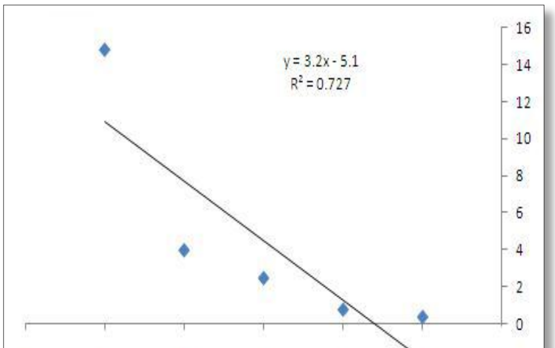
- **متوسط طوال المجاري المائية:**

تعطي متوسطات أطوال المجاري المائية صورة أكثر وضوحاً من مجموع الأطوال، مما يمكن من الوقوف على أهم الأسباب التي تؤثر في طول المجاري المائية، ويتم الحصول عليها من قسمة أطوال المجاري المائية في رتبة ما، على عدد المجاري المائية التابعة لها، ويبين الملحق رقم (١٤) متوسط أطوال المجاري إذ نجد ما يأتي:

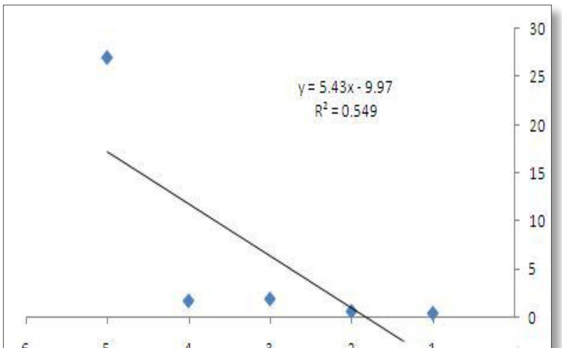
راوحت قيم متوسطات أطوال المجاري المائية بين (٠.٣) لمجاري الرتبة الأولى و (١٢.٤) للمجرى الرئيس، وبما أن طول المجرى الرئيس لا يعبر عن المتوسط، لذلك سيتم تجاهل قيم المجاري المائية الرئيسة في باقي الحويضات.

بلغت قيم متوسطات أطوال الرتبة الأولى بين (٠.٣- ٠.٤)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري (٠.١٠٦) مما يشير إلى انخفاض نسبي للتباينات بين متوسطات أطوال المجاري المائية لهذه الرتبة، ويلاحظ من الجدول ازدياد قيمة الانحراف المعياري مع زيادة الرتبة، مما يدل على زيادة في اختلاف متوسط الطول مع زيادة الرتبة، كما يلاحظ أن متوسطات أطوال المجاري المائية تتزايد مع زيادة الرتبة ، وهذا ينطبق مع ما أشار إليه (١٩٤٥) Horton [1] بشأن العلاقة بين متوسطات الأطوال والرتب.

من خلال العلاقة الخطية بين متوسطات أطوال المجاري المائية والرتب النهرية الشكل (٢٢)، بلغت قيمة $R^2$ في حوض الأعوج (٠.٨١)، ووقعت قيم كل من متوسطات أطوال رتبه الأولى والسادسة أعلى خط الانحدار، ويفسر انحراف قيمة المتوسط في الرتبة السادسة إلى ما ذكر سابقاً من وجود تأثير محتمل لأحد ارتدادات فالق دمشق مما أدى لامتداد فرع نهر الديراني عن نهر الأعوج، يضاف إلى ذلك كثرة الأكواع النهرية التي يرسمها المجرى النهري على سريره الفيضي بدءاً من التقاء نهري بحيران و الجناني حتى مصبه في منخفض الهيجانة، بينما يمثل مجرى الرتبة السابعة نهاية مجرى نهر الديراني عند التقائه مع المجرى الرئيس من الرتبة السادسة للحويضة (٢)، أما في باقي الحويضات فنجد أن جميع أطوال مجاري الرتبة الأولى والأخيرة وقعت أيضاً أعلى خط الانحدار، ويعود ذلك لسبب رئيس وهو حرية نمو وتطور مجاري هاتين الرتبتين، الأولى باتجاه خط تقسيم المياه، والثانية باتجاه المصب، ويشذ عما سبق الحويضتان (١) و(٢)، ويرجع ذلك إلى سيطرة نمط التصريف المتوازي الريشي فيهما، إذ تميل مجاري الرتبة الأولى للالتقاء قرب خط تقسيم المياه، بينما تميل باقي المجاري المائية للالتقاء قرب المصب مما لا يسمح بزيادة أطوال هذه المجاري.



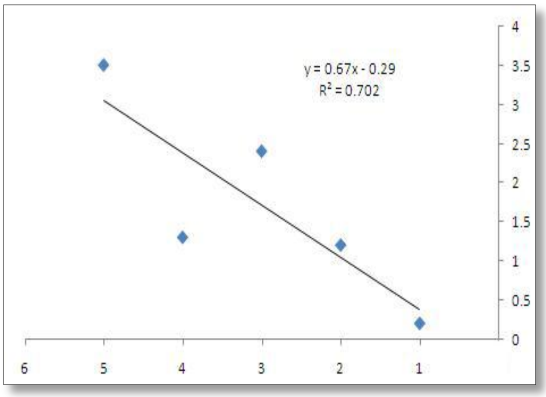

حويضة الجناني



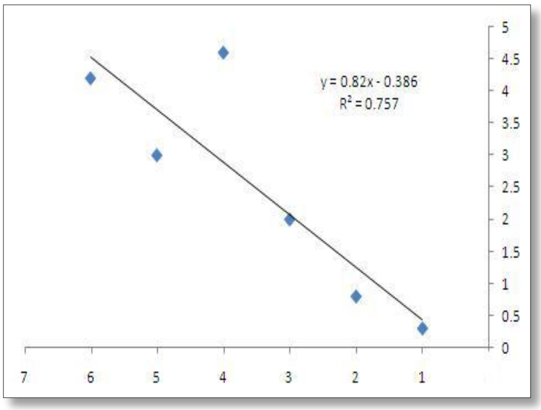

حويضة بحيران

---

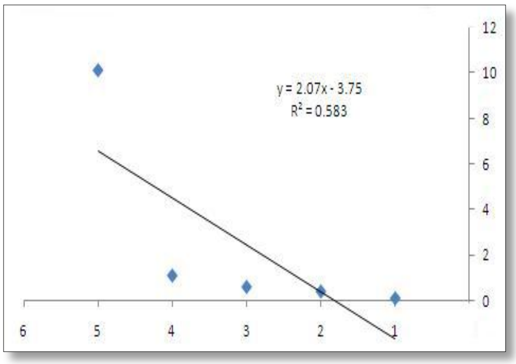
[1] Horton,R.E,(1945),Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Geol. soc. amer Bull.p332



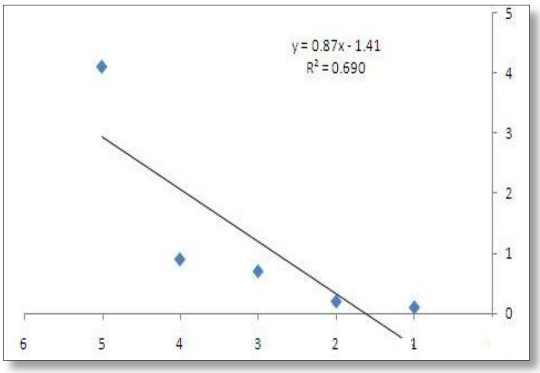

الحويضة ١



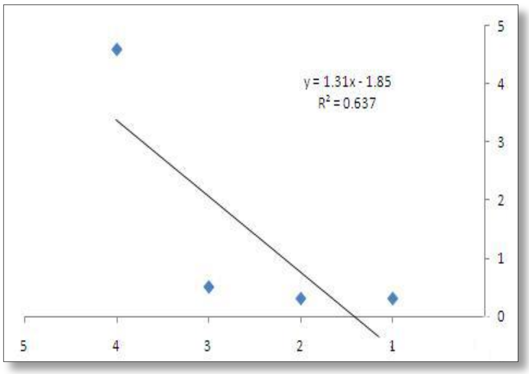

الحويضة ٢



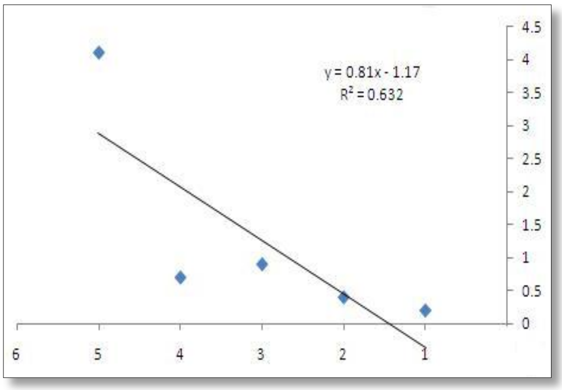

الحويضة ٣



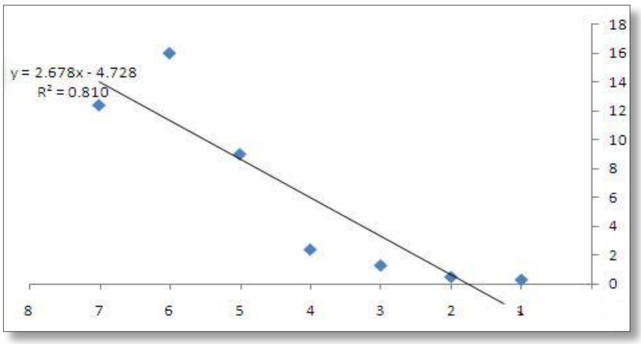

الحويضة ٤




الحويضة ٥




الحويضة ٦




حوض الأعوج

**شكل رقم (٢٢) يبين العلاقة الخطية بين متوسطات أطوال المجاري المائية والرتب.**

٤- كثافة الشبكة النهرية (Drainage Density) أو كثافة أطوال المجاري المائية [١]:

تعد كثافة الشبكة النهرية من المعاملات المورفومترية التي لاقت اهتماماً واسعاً من قبل الهيدرولوجيين و الجيومورفولوجيين، لما يمكن أن تقدمه من مؤشرات عن مدى كفاءة الشبكة النهرية في نقل المياه والرواسب من الحوض النهري، فكلما ارتفعت كثافة الشبكة ارتفعت كفاءة الشبكة في نقل المياه والرواسب المنصرفة عبرها، كما أشار Carlston (1963)[٢] إلى العلاقة بين كثافة الشبكة النهرية وكمية الجريان من خلال العلاقة الآتية:

$$Q=1.3D^2$$

كما يرى Melton (1958) أن هنالك ارتباطاً بين كثافة التصريف النهري ونسبة مساحة السطح العاري، وهذا يوضح أن كثافة الشبكة تزيد في المناطق الجرداء، وهي في أغلبها عبارة عن مناطق جبلية شديدة الانحدار[٣] إضافة لما أشار إليه من تأثير كثافة التصريف على النسيج الطبوغرافي للحوض النهري. وقد تم الاعتماد على قيم التصنيف الأمريكي[٤] في تحديد مستوى كثافة الشبكة النهرية في حوض الأعوج وحويضاته، كما يبينه الجدول الملحق رقم (١٥).

وتعطى كثافة التصريف بالعلاقة الآتية[٥]:

$$D a = \Sigma L / A$$

إذ أن D ,Da : كثافة الشبكة كم / كم٢.

$\Sigma$ L : مجموع أطوال المجاري المائية كم.

A : مساحة الحوض كم٢.

و الملحق (١٦) يبين كثافة التصريف، إذ نجد ما يأتي:

بلغت قيمة كثافة الشبكة النهرية في حوض الأعوج (٢.١٧) الخريطة (٢٤)، وهي تعد من القيم المنخفضة حسب التصنيف الأمريكي، ويعزى ذلك، بأن حوالي نصف مساحة الحوض عبارة عن أرض سهلية لا تتجاوز فيها قيم الانحدار (١- ٢) درجة، وهي تتكون من توضعات رباعية منفذة كالحجر الرملي والكونغلوميرات، إضافة لامتداد وعرة زاكية البازلتية على طول الطرف الجنوبي للحوض، مما أدى لانخفاض كثافة الشبكة النهرية.

بلغت قيم كثافة الشبكة في حويضتا بحيران و الجناني على التوالي (٣.٠٨-٢.٣٨)، ورغم تقارب مساحة كل منهما إلا أن قيمة الكثافة في الجناني انخفضت عما هي عليه في بحيران، ويعود ذلك لوجود وعرة زاكية في الجزء الجنوبي للحويضة، أما في الحويضتين (١-٢) فقد بلغت قيم كثافة الشبكة ( ٤.٤٧-٣.٦٢ ) ويعود انخفاض القيمة في الحويضة (٢) عن (١) إلى وجود جزء من الحويضة (٢) على سفوح جبل الشيخ ذات الانحدارات الشديدة، وعلى الرغم من وقوع الحويضة (١) وجزء من الحويضة (٢) على مخروط الأنقاض لجبل الشيخ، والمكون من الكونغلوميرات ذات القدرة الكبيرة على امتصاص المياه، إلا أن سفوح جبل الشيخ ذات الانحدارات الشديدة والمطلة مباشرة على مخروط الأنقاض، ساعدت على زيادة الطاقة الحركية للمياه المتجه نحو المخروط ، ومن ثم لم تسنح الفرصة للقاعدة الصخرية إلا بتسرب جزء قليل من المياه الجارية، ومن ثم زيادة كثافة الشبكة النهرية. أما الحويضات (٣- ٤) فبلغت

---

(١) غزوان سلوم، (٢٠١١)، حوض وادي القنديل دراسة مورفومترية، مجلة جامعة دمشق، بحث قيد النشر، ص٢٥

(2) Carlston,C.W,(1963),Drainage Density and Stream flow, U. S. Geol ,Survey Prov,p422

(٣) أحمد سالم صالح،(١٩٩٩)، مرجع سبق ذكره، ص٥٤

(4) Scheidegger A.E,(1970),Theoretical Geomorphology, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York,p24

(5) Horton, R.E; (1945): Op .Cit. P 283.

قيم كثافة الشبكة فيهما ( ٥.٠٣ - ٧.٣٤)، وهي تعد من قيم الكثافة المتوسطة حسب التصنيف الأمريكي، وتسهم القاعدة الصخرية المكونة من رسوبيات الكريتاسي والمؤلفة من الحجر الكلسي الطباشيري والمارن والفوسفات، في زيادة كثافة الشبكة النهرية،وهي تنخفض في الحويضة (٣) عما هي عليه في الحويضة (٤) لوقوع جزء من الحويضة على مخروط أنقاض جبل الشيخ والمؤلف من الكونغلوميرات، مما لم يسمح بتطوير مماثل في الشبكة النهرية لما هو عليه الحال في الحويضة (٤)، أما الحويضتان (٥ - ٦)، فقد بلغت قيم كثافة التصريف على التوالي (٥.٠٦- ٥.٢٨ ) وهي من قيم الكثافة المتوسطة، ويقوم صغر مساحة الحويضتين بعمل مهم ساهم في ارتفاع هذه القيمة مقارنة بباقي الحويضات.

**٥- تكرارية المجاري المائية(Stream Frequency) أو كثافة أعداد المجاري المائية[١] :**

تعكس تكرارية المجاري المائية[٢]، نصيب الكيلومتر المربع الواحد من أعداد المجاري المائية، وتتأثر بالمناخ ، ويعد العامل الليتولوجي من أهم العوامل المؤثرة في تكرارية المجاري المائية، فهي مرتفعة في التشكيلات السطحية الكتيمة، وتنخفض بازدياد نفوذيتها.
ويتم حساب تكرارية المجاري المائية وفق القانون الآتي:

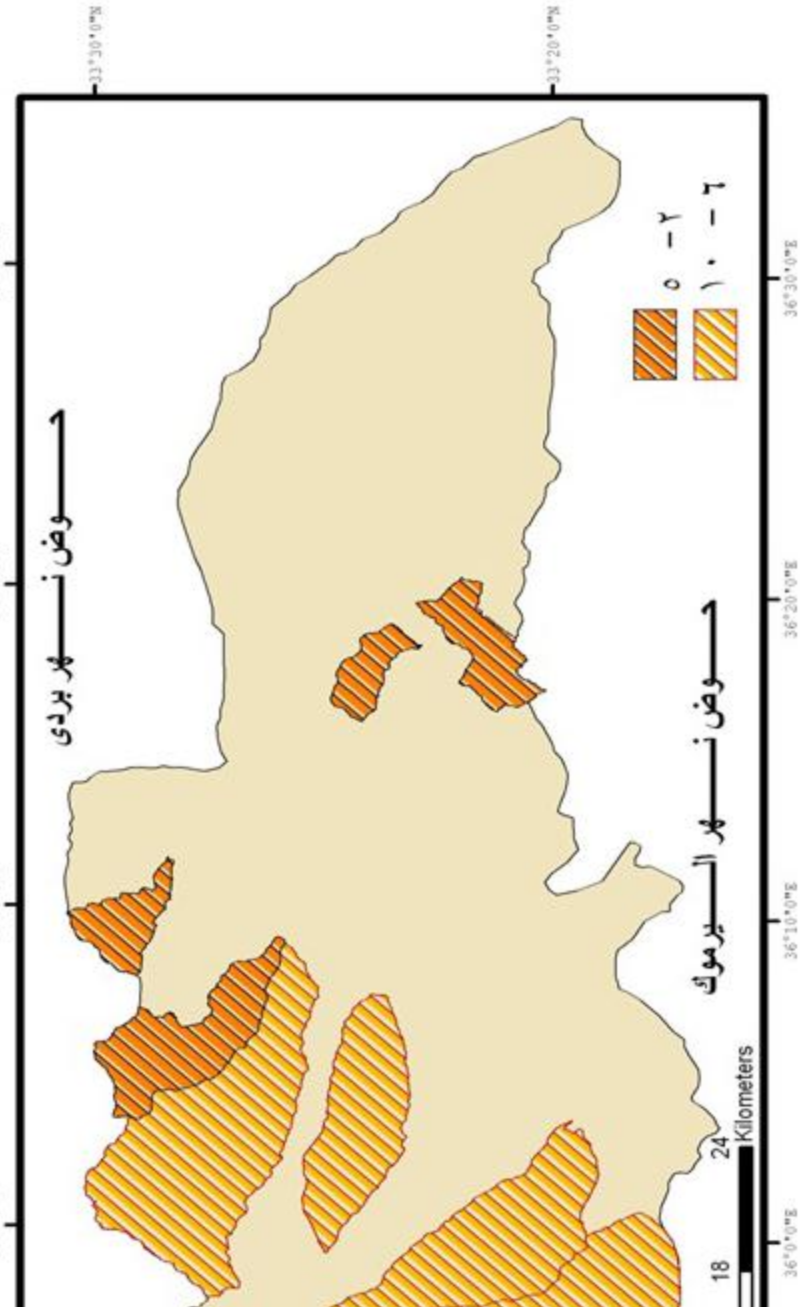
$$Fs= N/A$$

إذ أن Fs: تكرارية المجاري مجرى / كم$^2$
N: أعداد المجاري المائية.
A: مساحة الحوض كم$^2$.

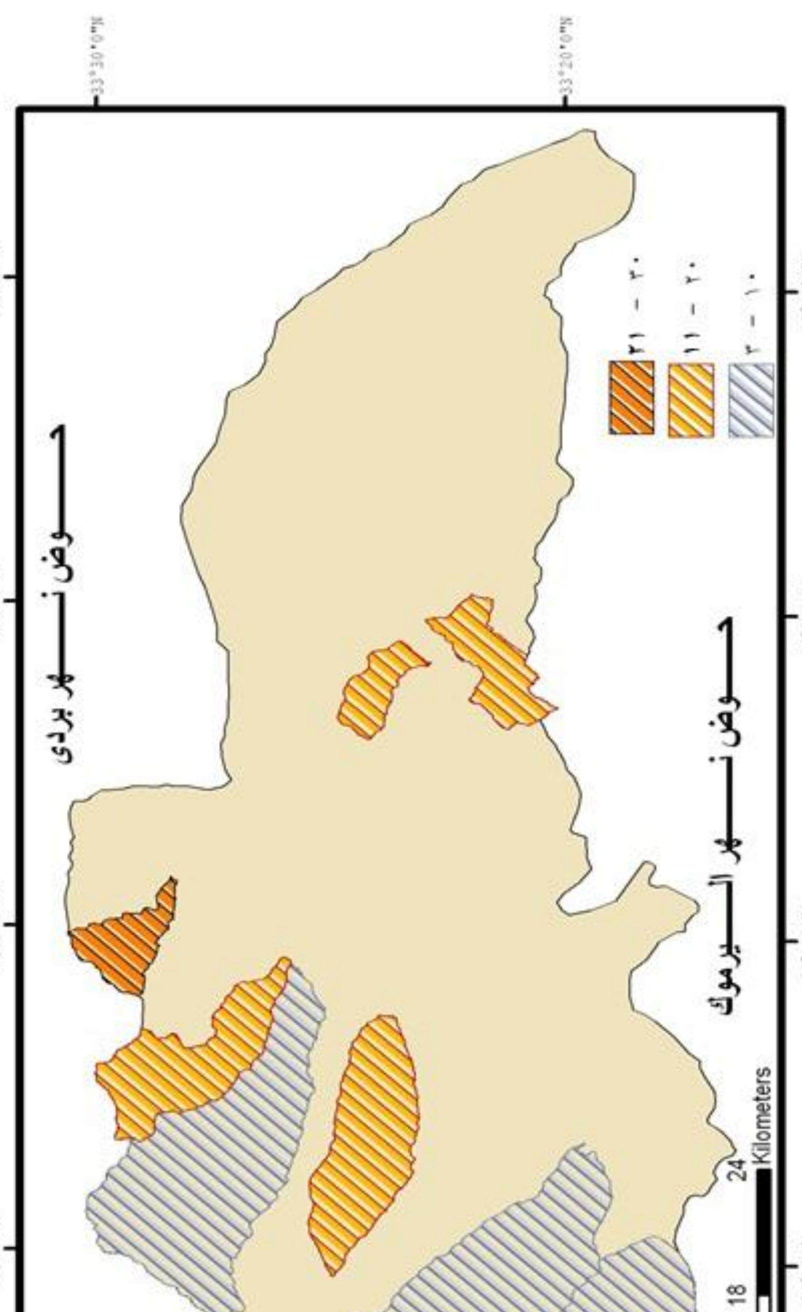
ومن الملحق رقم (١٧) نجد ما يأتي:
بلغت قيمة تكرارية المجاري المائية في حوض الأعوج (٤.٦٦) ويرجع سبب ذلك لاتساع مساحة الحوض مقارنة بأعداد المجاري المائية فيه، وقد سبق تعليل ذلك في فقرة كثافة التصريف النهري، أما باقي الحويضات، فقد راوحت قيم التكرارية بين (٣.٤ – ٣٠.٢٣)، وبلغت أعلى القيم في الحويضات (٣- ٤- ٥- ٦) وهي على التوالي (١٦.٨٧- ٣٠.٢٣- ١٣.٤٣- ١٤.٣٢ ) وقد تناسبت هذه القيم إيجابياً مع ما تم التوصل إليه من كثافة التصريف النهري، ويبين الخريطة (٢٥) فئات تكرار المجاري المائية في حوض الأعوج وحويضاته.

[١] غزوان سلوم، (٢٠١١)، مرجع سبق ذكره، ص٢٥

[٢] لا تعكس تكرارية المجاري المائية شأنها شأن كثافة التصريف نصيب الكيلومتر المربع من المساحة الحوضية من أعداد وأطوال المجاري بشكل فعلي، كونها تختلف بين مناطق الحوض فهي مرتفعة في عالية الحوض ومنخفضة في سافلة الحوض النهري.




الخريطة (٢٤) قيم كثافة الشبكة النهرية




الخريطة (٢٥) يبين فئات تكرار المجاري

**٦- النسيج الطبوغرافي Texture Ratio:**

يشير النسيج الطبوغرافي إلى تقارب أو تباعد المجاري المائية من بعضها البعض، ويستفاد منه في تحديد مدى تقطع الحوض بالمجاري المائية، وتتخذ معادلته الشكل الآتي:

$$T = N / P$$

إذ أن : T: نسبة النسيج الطبوغرافي.

N: أكبر عدد من التسننات (التحززات) Crenulations في منحنى كنتور من الحوض كدلالة على عدد المجاري المائية فيه.

P: محيط الحوض كم.

ويبين الملحق رقم (١٧) فئات النسيج الطبوغرافي*في منطقة الدراسة، إذ يلاحظ الجدول السابق أن قيمة النسيج الطبوغرافي في حوض الأعوج بلغت (٢٧.٥)، وهي وفق تصنيف سميث من فئات النسيج ذات القوام الناعم، لكن بالنظر إلى خارطة توزع الشبكة النهرية في حوض الأعوج، لوحظ بأن هنالك أجزاء كبيرة من الحوض شبه خالية من المجاري المائية، وأن حوالي (٧٥%) من الشبكة النهرية تركزت في وسط وعالية الحوض النهري، لذلك يجب الانتباه عند التعامل مع المؤشرات الكمية لهذا القانون، أما في باقي الحويضات فراوحت النسب بين (١٩.٤) في الحويضة (٤) و (٧.٧) في الحويضة (٥)، قد تناسبت هذه القيم إيجابياً مع كل من كثافة التصريف النهري و معدل تكرارية المجاري المائية، والخريطة (٢٦) يوضح فئات النسيج الطبوغرافي.

**٧- العلاقة بين خصائص شبكات المجاري المائية:**

تمت دراسة علاقة الارتباط بين سبعة متغيرات*هي : مجموع أعداد المجاري المائية، مجموع أطوال المجاري المائية، معامل الالتقاء، كثافة التصريف، تكرارية المجاري المائية، نسبة النسيج الطبوغرافي، وأخيراً الرتبة.

يرتبط مجموع أعداد المجاري المائية وأطوالها بعلاقة طردية قوية إذ بلغت قيمة معامل الارتباط (٠.٨٦) وهي من العلاقات الواضحة من حيث طرديتها، فكلما زادت أعداد المجاري المائية ازدادت أطوالها، و انعكس ذلك على العلاقة بين تكرار المجاري المائية، وكثافة التصريف، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط (٠.٩٧) ويعود السبب في ذلك بأن كل من المتغيرين يرتبطان كل منهما على حده، بمجموع أعداد المجاري المائية، ومجموع أطوالها بعلاقة طردية.

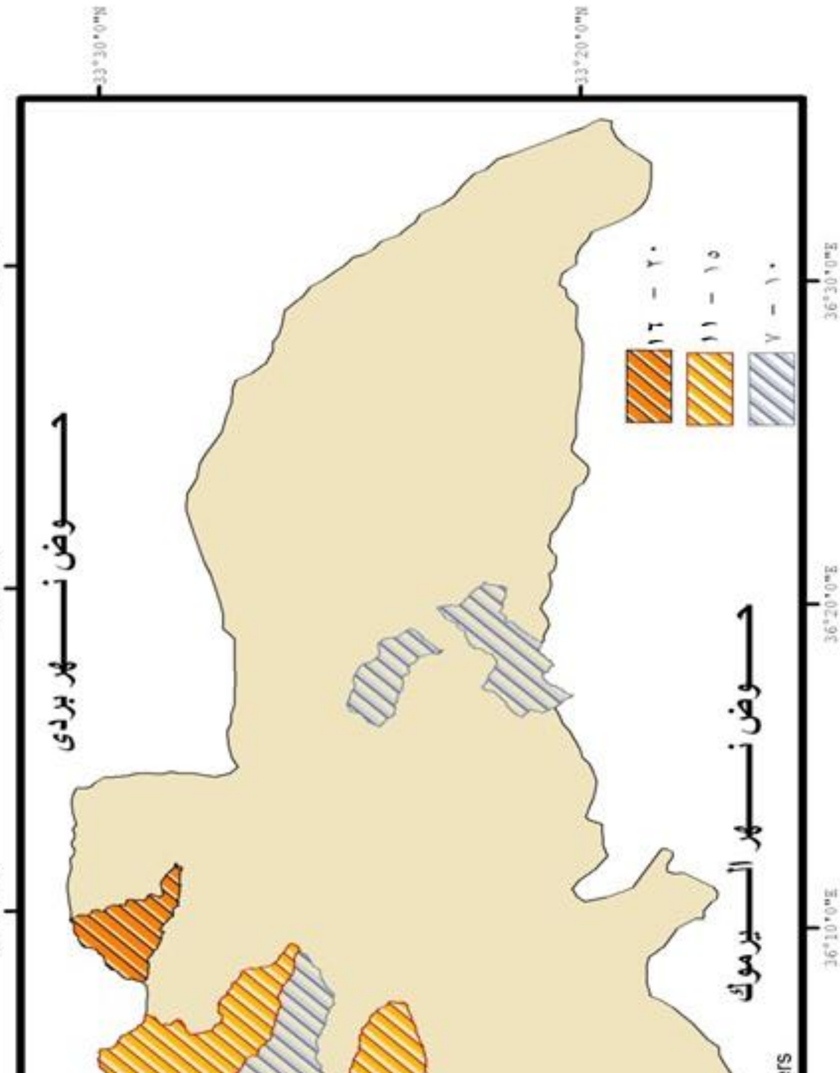
ترتبط كثافة التصريف بعلاقة طردية شديدة مع التكرار النهري، وبعلاقة طردية قوية مع النسيج الطبوغرافي، فزيادة أعداد المجاري المائية (التكرار النهري) يؤدي إلى زيادة الأطوال (كثافة التصريف) وبما أن النسيج الطبوغرافي يرتكز على عدد الروافد المائية، لذلك فهو يرتبط بعلاقة طردية مع التكرار النهري وكثافة التصريف.

---

* وضع سميث تصنيفاً للأحواض النهرية وفق معدل النسيج وهي:

- أقل من ٤ قوام خشن
- من ٤ حتى ١٠ قوام متوسط
- أكثر من ١٠ قوام ناعم

* يمكن تصنيف قوة الارتباط إلى أربعة مستويات: ارتباط بسيط يتراوح فيه معامل الارتباط بين (٠.٥-٠.٦٢٥)، ومتوسط (٠.٦٢٥-٠.٧٥) وقوي (٠.٧٥-٠.٨٧٥) ، وشديد (٠.٨٧٥-٠.١٠٠).




الخريطة (٢٦) يبين فئات النسيج الطبوغرافي

٨- **العلاقة بين خصائص الأحواض والشبكات:**

تم حساب معاملات الارتباط بين ستة عشر متغيراً مستقلاً لأحواض التصريف هي: هي (المساحة، الطول، العرض ، نسبة الاستطالة، نسبة الاستدارة، معامل الاندماج، معامل الانبعاج ، التضرس المحلي، معامل التضرس ، رقم الوعورة)، وسبعة متغيرات تابعة تمثل خصائص الشبكات، وهي: مجموع أعداد المجاري المائية، مجموع أطوال المجاري المائية، معامل الالتقاء، كثافة التصريف، تكرارية المجاري المائية، نسبة النسيج الطبوغرافي، وأخيراً الرتبة.

إلا أن العلاقات المؤكدة التي تجاوز فيها معامل الارتباط (٠.٥) ، ومعامل الثقة $R^2$ (٠.٢٥) انحصرت في خمسة متغيرات خاصة بالأحواض، هي: الطول والعرض والمساحة، التضرس المحلي، رقم الوعورة، وأربعة متغيرات خاصة بالشبكة وتشمل أعداد المجاري المائية وأطوالها، وكثافة التصريف، والتكرار النهري.

- **العلاقة بين مجموع أعداد المجاري المائية وخصائص أحواض التصريف:**

ترتبط أعداد المجاري المائية بعلاقة طردية قوية مع كل من المساحة والطول والعرض، وبلغت قيمة معامل الارتباط على التوالي (٠.٧٧- ٠.٨٦- ٠.٨٣) وهذا يعني أنه كلما ازدادت أعداد المجاري المائية زادت المساحة والطول والعرض، كذلك ترتبط أعداد المجاري بعلاقة طردية قوية مع كل من الوعورة والتضرس المحلي، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط على التوالي (٠.٧٧- ٠.٨٠) فزيادة التضرس المحلي سيؤدي إلى زيادة أعداد المجاري المائية ومن ثم زيادة أطوالها مما يزيد من كثافة التصريف ومن ثم ازدياد تشوش سطح الأرض، نتيجة تقطعها بالمجاري المائية.

- **العلاقة بين مجموع أطوال المجاري المائية وخصائص أحواض التصريف:**

ترتبط أطوال المجاري المائية بعلاقة طردية شديدة مع المساحة والطول والعرض، وهي على التوالي (٠.٩٦- ٠.٩٩- ٠.٩٥)، كما ترتبط أطوال المجاري المائية بعلاقة طردية قوية مع الوعورة والتضرس المحلي، وهذا ينطبق مع ما ذكر آنفاً حول علاقة أعداد المجاري المائية بالمتغيرات الثلاث السابقة.

- **العلاقة بين كثافة التصريف وخصائص أحواض التصريف:**

تنعكس زيادة مساحة الأحواض النهرية ،أطوالها وعرضها سلباً على كثافة التصريف النهري، فقد ارتبطت الأخيرة بروابط سلبية قوية مع المتغيرات السابقة، وبلغت قيمة معامل الارتباط على التوالي (٠.٨٦-، ٠.٨٦-، ٠.٧٩-) كما ارتبطت سلباً أيضاً بالتضرس المحلي، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط (٠.٧٤-).

- **العلاقة بين التكرار النهري وخصائص أحواض التصريف:**

ينطبق ما ذكر عند الحديث عن كثافة التصريف النهري مع التكرار النهري، فالأخيرة ترتبط بقيم سلبية متوسطة وقوية مع كل من المساحة والطول والعرض، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط (٠.٧٤-، ٠.٧٧-، ٠.٦٥-) كما وترتبط سلباً مع التضرس المحلي (٠.٦٦-)

# الفصل الرابع
## المظاهر الجيومورفولوجية

أولاً- السفوح.

ثانيا- الأشكال الناجمة عن عمل المياه الجارية.

ثالثاً- الأشكال الناجمة عن عمل الجليد والصقيع.

رابعاً- الأشكال الناجمة عن أعمال التحلل.

خامساً- الخارطة الجيومورفولوجية.

- نتائج البحث
- المقترحات

## أولاً- السفوح

اقترح كل من Chorly , Kennedy (1971)[1] استخدام نظرية النظم في تحليل الظاهرات الجغرافية وقدماها كأداة لتقسيم النظام البيئي إلى أنظمة فرعية (Subsystems) مترابطة تحكمها نظم تفاعل مختلفة، وتحافظ على النظرة الكلية بتحليل التفاعل بين الأنظمة الفرعية.

تشكل السفوح بما فيها خطوط تقسيم المياه والمجاري المائية، أنظمة جيومورفولوجية، تحتل فيها السفوح الجانبية للأودية أكثر تلك النظم تعقيداً، فهي تمثل نظاماً انتقالياً وظيفياً باعتبارها الحيز الذي يقدم الحطام الصخري والمعبر الذي ينتقل من خلاله هذا الحطام. ولما كانت هذه السفوح تنتهي بخطوط تقسيم المياه في الأعلى والمجاري المائية في الأسفل، فإن تطور تلك السفوح يتوقف على سرعة واتجاه التغيرات التي تطرأ على النظم الجيومورفولوجية المجاورة. وقد حدد Shumm (1966) خمسة عوامل رئيسة تتحكم في شكل السفوح وهي الطبوغرافية والمناخ والجيولوجيا والتربة والعمليات الجيومورفولوجية، وأكد أن درجة التفاعل بين العناصر السابقة هي التي تحدد نوع وفعالية العملية الجيومورفولوجية على السفوح.

أدى وقوع منطقة الدراسة، عند ملتقى نطاق الطيات التدمرية مع منخفض جبل العرب البنيوي، إلى فرض وضع طبوغرافي مميز، كان له الأثر الرئيس في تركز معظم النشاط الحتي في الجزء الأعلى من الحوض النهري الذي لا يشكل أكثر من (٢٥%) من مساحة الحوض، وقد تم اختيار عينات القطاعات المدروسة في منطقة الدراسة بالاستناد إلى نظام العينة الذي قدمه كل من Chorly and Kennedy (1974) وYoung (1964) الذي يقترح:

- أن يراعى عند اختيار مواقع القطاع الأماكن التي لم تشهد تغييرات بشرية من شأنها تغيير شكل السفح.
- تجري القياسات على الأجزاء التي تمثل النمط السائد لشكل السفوح.
- يجب أن يبدأ قطاع السفح من أدنى نقطة وينتهي في أعلى نقطة (بين المجرى المائي وخط تقسيم المياه)

مما سبق فقد تم تحليل قطاعات وزوايا انحدار عينات سفوح منطقة الدراسة من خلال النقط الآتية:

١- تحليل قطاعات السفوح وتحديد أهم خصائصها الشكلية .
٢- تحليل زوايا الانحدار باستخدام مدرج التوزيع التكراري أو تحديد الزوايا الحدية والشائعة.
٣- دراسة أساليب تطور السفوح.

### ١- تحليل قطاعات السفوح

تتضمن عملية تحليل القطاع، تقسيمه إلى أجزاء صغيرة، تتميز كل منها بخصائص مورفولوجية معينة. يتم تحديد الأجزاء والوحدات الانحدارية بناء على الشكل الكلي لقطاع السفح بغض النظر عن العمليات الجيومورفولوجية الممارسة عليه، ويرجع الفضل في تطوير أساليب التحليل المورفولوجي للسفوح ودراساته إلى كل من (Savigear 1952-1956) و (Young1964-1972)، ويرى كلاهما بأنه من الممكن تقسيم القطاع الكلي للسفح إلى قطاعات صغرى مستقيمة (Rectilinear) ومقوسة (Curved) أطلق عليها اسم أجزاء انحدارية وعناصر انحدارية ووحدات انحدارية قد تكون الوحدة الانحدارية إما جزءاً أو عنصراً انحدارياً،

---

[1] Chorley .r and Kennedy,(1971),Physical Geography a System Approach ,Prentice-Hall Inter,London,p370

ويتم وصف الأجزاء الانحدارية على أساس متغيرين هما درجات الانحدار وأطوالها، أما العناصر الانحدارية فتوصف استناداً إلى قيمة معامل التقوس (Curvature) وطول العنصر [١].

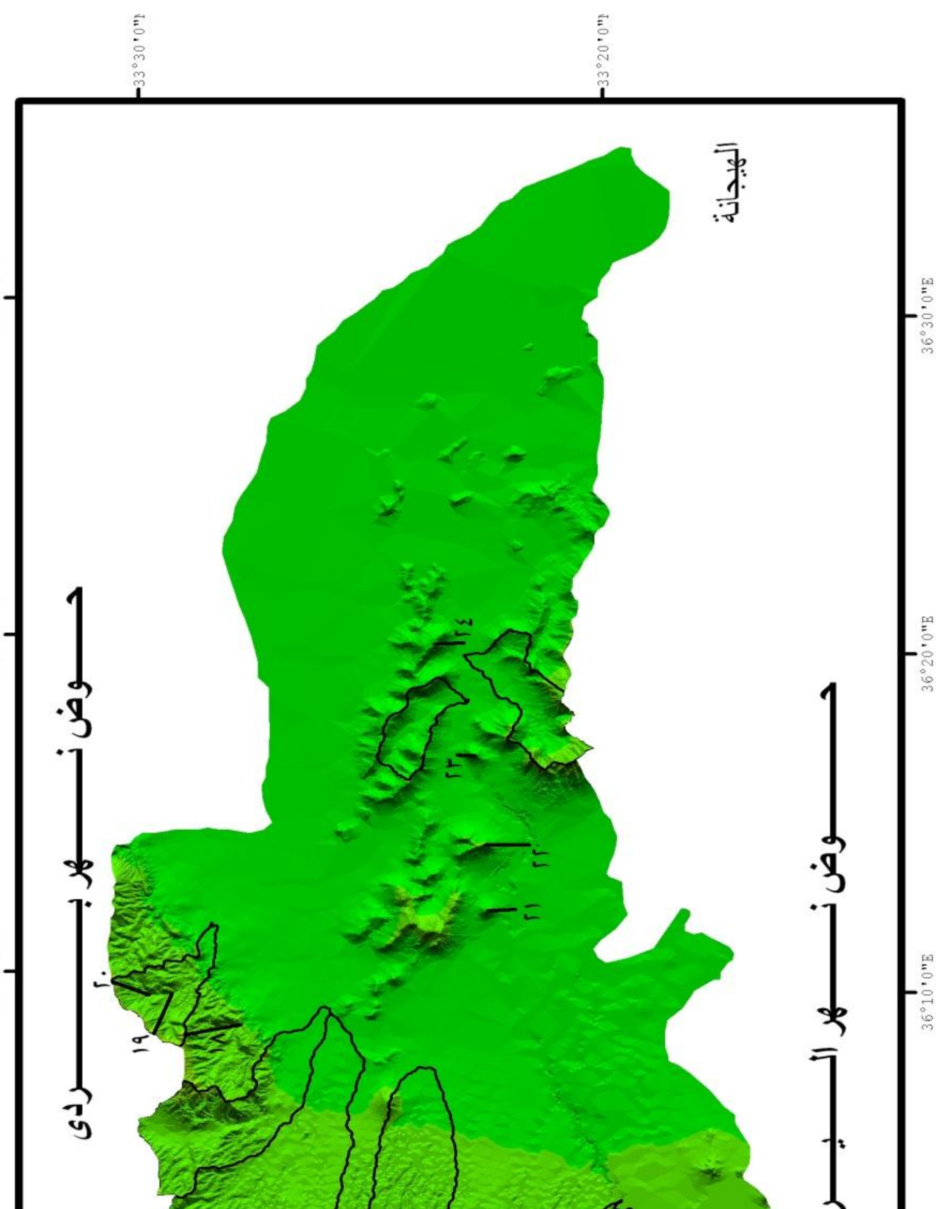
وأهم المصطلحات التي أوردها Young في التحليل الجيومورفولوجي للسفوح، هي :

- الوحدة الانحدارية Slope Unit وهي إما الجزء Segment أو العنصر الانحداري Element.
- الجزء الانحداري وهو الجزء من قطاع السفح الذي تبقى على طوله زوايا الانحدار ثابتة
- العنصر الانحداري وهو الجزء من القطاع الذي يبقى على طوله معامل التقوس ثابتاً.
- العنصر المحدب Convex Element وهو العنصر الذي تزداد على طوله زاوية الانحدار باتجاه أسفل القطاع.
- العنصر المقعر Concave Element وهو العنصر الذي تتناقص على طوله زاوية الانحدار باتجاه أسفل القطاع.
- الجزء الأقصى وهو ذلك الجزء الذي تكون درجة انحداره أكبر من انحدار الوحدات الانحدارية أسفله وأعلاه.
- الجزء الأدنى وهو ذلك الجزء الذي تكون درجة انحداره أقل من درجة انحدار الوحدات أسفله وأعلاه.
- الجزء القممي وهو ذلك الجزء الذي يحده من الجانبان منحدران هابطان باتجاهين متعارضين.

ويوضح الملحق رقم (١٨) أطوال ومعاملات تقوس العناصر وأطوال وانحدار الأقسام الانحدارية لمجموع (٢٤) قطاعاً، مرسومة من الخرائط الطبوغرافية١/٥٠٠٠٠ في أنحاء الحوض الخريطة (٢٧):



[١] يحيى فرحان،(١٩٨٢)،مورفولوجية المنحدرات في مناطق مختارة من وسط الأردن، مطابع الدستور التجارية،عمان،الأردن،ص٢١




الخريطة (٢٧) يبين مواقع قطاعات السفوح المدروسة

من الملحق رقم (١٨) نستنتج ما يأتي:

١- تمثل العناصر المحدبة والمقعرة حوالي (٦٢%) من مجموع أطوال الوحدات الانحدارية وتتوزع على النحو الآتي : حوالي (٢٣%) للعناصر المحدبة، (٣٨%) للعناصر المقعرة. في حين تمثل الأقسام حوالي (٣٨%) وهي موزعة كما يأتي: (١٠.٦%) للجزء الأقصى و(٣.٧%) للجزء الأدنى و (٢.٨%)للجزء القممي، أما الجزء المستقيم فيمثل حوالي (١٩%) من مجموع الأطوال العام.

٢- ضمت حويضة بحيران (٧) قطاعات توزعت على طرفي الحويضة، وغطت ثلاث منها السفح الشرقي لجبل الشيخ، إذ امتدت من خط تقسيم المياه حتى مجرى بحيران الصورة (١٠)، وتتميز هذه القطاعات بأطوالها الكبيرة مقارنة بباقي أطوال القطاعات في الحوض، عاكسة بذلك شدة الحركات التكتونية التي ولدت فروقات الارتفاع الكبيرة، إذ راوحت أطوال القطاعات بين (٤-٥.٥) كم، وبلغت متوسطات أطوال العناصر المحدبة حوالي (٤١٦م)، ونسب معامل التقوس[1] بين (١.٨ – ١٧.٢)، أما العناصر المقعرة فبلغ متوسط أطوالها (٧٢٢م)ونسب معامل التقوس (-٣.٣ و-٤٣.٢)، وبينما توافقت العناصر المحدبة مع تواجد الصخور الكلسية، فإن ارتفاع معامل التقوس في العناصر المقعرة يعود إلى تأثير مجموعة الكسور المستعرضة التي تغطي السفح الشرقي لجبل الشيخ، إضافة إلى ذلك فإن توضع طبقة البازلت (Spilit) العائدة للجوراسي الأوسط، شكلت عائقاً أمام عمليات الحت التي تمارسها المجاري المائية ، مما أدى لإزالة سماكات من الصخور الكلسية، فوقها قبل أن تطال المجاري المائية أجزاء من المسكوبة البازلتية معطية مقعرات متوسطة التقعر حسب تصنيف Young (1973)[2]

أما الأقسام الانحدارية، فقد راوحت متوسطات أطوالها على التوالي: للأجزاء القصوى (١٦٥م) وانحداراتها حوالي (٣٠ درجة)، والأجزاء الدنيا (٢٨٧م) وانحداراتها حوالي (٤درجات)، والأجزاء القممية (٧٧.٥م) والأجزاء المستقيمة (٨٥٦م).وترافقت الأجزاء القصوى في المقاطع المدروسة مع التوضعات الكلسية الأكثر مقاومة والمكونة من الصخر الكلسي البيوضي (Oolitic)، هذا من جهة، ومن جهة أخرى وافقت مع حافة المسكوبة البازلتية التي أزيل قسم منها بفعل النشاط الحتي للمجاري المائية، بعد التكسرات التي



الصورة رقم (١٠) وتمثل السفح الشرقي لجبل الشيخ

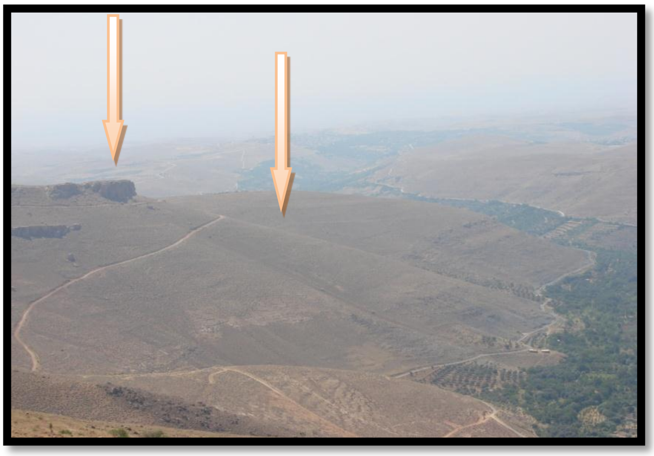
---

(١) يحسب معامل التقوس من خلال القانون:

$$\frac{\text{درجة ميل المسافة العليا} - \text{درجة ميل المسافة الدنيا}}{\text{ل}} \times 100$$ وتقاس ب درجة/١٠٠م

(٢)Young. A ;( 1972): Slopes. Oliver and Boyd. Edinbury.p163.

أصابتها إثر الحركات البنائية العنيفة التي شكلت فيما بعد حوضة عرنة، أما الأجزاء المستقيمة فترافقت إما مع بعض الكسور الطولية على السفح في عالية القطاع، أو مع بعض سطوح التطبق شبه الأفقية قرب نهاية القطاعات المدروسة.
أما باقي القطاعات في حويضة بحيران (٤-٥-٦) فتوزعت على الأطراف الجنوبية للحويضة، والمقطع (٧) على السفح الجنوبي لجبل بربر الصورة رقم (١١).



الصورة رقم (١١) وتمثل السفح الجنوبي لجبل بربر

وراوحت أطوال هذه القطاعات بين (٥٠٠-١٠٠٠م)، وفي حين بلغ متوسط أطوال العناصر المحدبة (٣٦٧م)، وقيم معامل التقوس (٥-١٨)، لم تترافق هذه القطاعات مع أية عناصر مقعرة، أما بالنسبة للأقسام، فقد بلغت متوسطات الأجزاء القصوى (٧٤م) والانحدار (٢٠-٤٨ درجة)، والأجزاء القممية (٥٣م) والمستقيمة (٣٠٠م)، بينما انعدمت الأجزاء الدنيا.
ارتبطت الأجزاء المستقيمة في القطاعات (٤-٥) بمرآة صدع فالق سرغايا، في حين ظهرت الأجزاء القصوى بدءاً من القطاع الخامس مرتبطة بشكل رئيس بعمليات الحت الرأسي العنيف، مشكلة ما يسمى بخانق بحيران.
أما الجزء الأقصى في القطاع الأخير، فنجم عن تواجد بقايا طبقة من الصخر الكلسي المارني في أعلى القطاع، أزال النشاط الحتي معظمها، في حين تكدست الأنقاض في قطاع التراكم مشكلة ما يعرف باسم حدور المهيلات.

٣- ضمت حويضة الجناني (١٠) قطاعات توزعت في أنحاء الحويضة، ضمت هذه القطاعات حوالي (١٩) محدباً، بلغ مجموع أطوالها حوالي (٢٣١٠م) أي حوالي (٢٢%) من مجموع أطوال القطاعات، وتتراوح أطوالها بين (٣٢٥-١٠م) بمتوسط قدره (١٢١م)، وبلغت قيمة معامل الاختلاف حوالي (٨٨%) مما يشير إلى فروقات كبيرة في الأطوال، وهذا ناجم عن اختلاف في الظروف الليتولوجية والهيدرولوجية على مختلف أنحاء الحويضة.

أما العناصر المقعرة، فقد ضمت (١٥) مقعراً، وبلغ مجموع أطوالها حوالي (٢٩٣٩م) أي (٢٨.٥%) من مجموع أطوال القطاعات المرسومة، وتتراوح أطوالها بين (٥٧-٤٠٠م) بمتوسط طول عام بلغ (١٩٥م)، وبلغت قيمة معامل الاختلاف (٩٩%)، كما تباينت قيم معامل التقوس، إذ راوحت قيمته بين (-٢.٤- ٣٥.٥درجة/١٠٠م) بمعامل اختلاف بلغ (٩%)، مما يشير إلى تشابه نسبي في تأثير العمليات والعوامل المشكلة للمقعرات كالتعرية والترسيب والتكتونيك.

وتشير قيم معامل التقوس إلى ارتفاع قيمها باتجاه سافلة الحوض، إذ الكتل الجبلية المكونة من الصخور الكلسية الباليوجينية الأقل مقاومة من صخور الكريتاسي الكلسية والدولومية، كما يلاحظ أن نسبة العناصر المقعرة أكثر منها في العناصر المحدبة، وهذا يعد من دلالات مرور السفوح بمرحلة النضج[١].

كما بلغ عدد أقسام الجزء الأقصى (١٦) قسم بمجموع أطوال حوالي (٢٤٦٠م) وراوحت الأطوال بين (١٠-٤٥٠م) متوسط عام قدره (١٦٤م)، أما درجات الانحدار فبلغت (١٢- ٦٧.٥درجة)، وبلغت قيم معاملات الاختلاف للأطوال حوالي (١١٥%) وللانحدار (١٧%)، وهذا يعود لاختلاف مواقعها وأسباب تشكلها، فهي ترتبط بشكل رئيس بسفوح عالية الحوض، بمجموع الكسور والصدوع التي تغطيه، في حين تنجم عن تجدد النشاط الحتي للنهر نتيجة تغيرات مهمة في مستوى الأساس في سافلة الحوض.

أما عدد أقسام الجزء الأدنى فبلغ (٦)أقسام بمجموع أطوال بلغ (٤١٦م)، راوحت أطوالها بين (٧٠-١٢٥م) ودرجات انحدارها بين (٠.٩-١٥درجة)، وبلغ معامل اختلاف الأطوال حوالي (١٤١%)، ويعود سبب ذلك لاختلاف أسباب تشكلها، فهي إما ناجمة عن الترسيب عند أقدام الجبال، أو عمليات الحت المركز للمقعرات في الأجزاء الوسطى والعليا من القطاعات.

أما الأجزاء المستقيمة فبلغ عددها (١٣) جزء بمجموع أطوال (٢١٩٠م) وبلغ أقصاها في القطاع (١٠)، إذ توافقت مع ميول الطبقات، وبلغ طولها حوالي (١١٠٠م) الصورة (١٢).



الصورة رقم (١٢) تبين أحد المقاطع المدروسة في حويضة أجناني، ودور ميول الطبقات في تشكل الأجزاء المستقيمة.

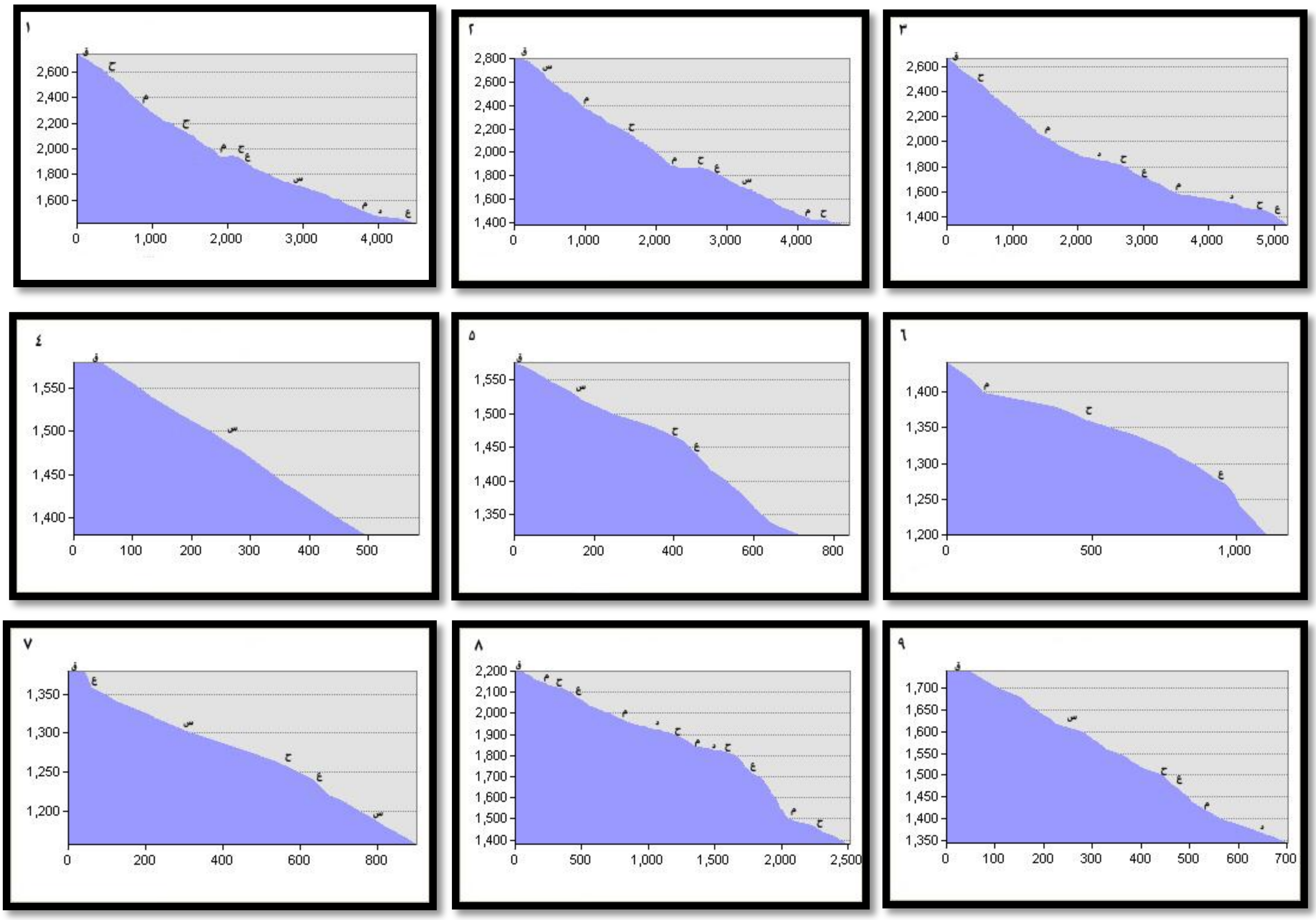
٤- تم أخذ ثلاث قطاعات للسفوح في كتلة جبال خاشين (١٨-١٩-٢٠)، وبلغ مجموع أطوالها (٥٠٧٠م) وضمت نحو (١٤) محدباً بلغ مجموع أطوالها (١٥٩٤م)، أي حوالي (٣١%) من مجموع أطوال القطاعات المدروسة في المنطقة، وراوحت أطوالها بين (١٩٩-٥٠م) بمتوسط عام بلغ (١١٣م)، وبلغت قيمة معامل الاختلاف للأطوال (٢١%)، كما راوحت قيم معامل التقوس بين (١-٢٤)، وبلغت قيم معامل الاختلاف (٦%).

أما العناصر المقعرة، فبلغت حوالي(١٣) مقعراً، وبلغ مجموع أطوالها (٢٥٥٩م) أي حوالي (٥٠%) من مجموع أطوال القطاعات، وراوحت هذه الأطوال بين (٦٦-٤٠٠م) بمتوسط عام قدره (١٩٦م)، وبلغت قيمة معامل الاختلاف (١٠٥%)، بينما راوحت قيم معامل التقوس بين (-١-١٣)، بمعامل اختلاف بلغ (٤%).

---
[١] Penck,W,(1953),Morphological analysisof Land Forms,Macmillan co.Limited,London,P132

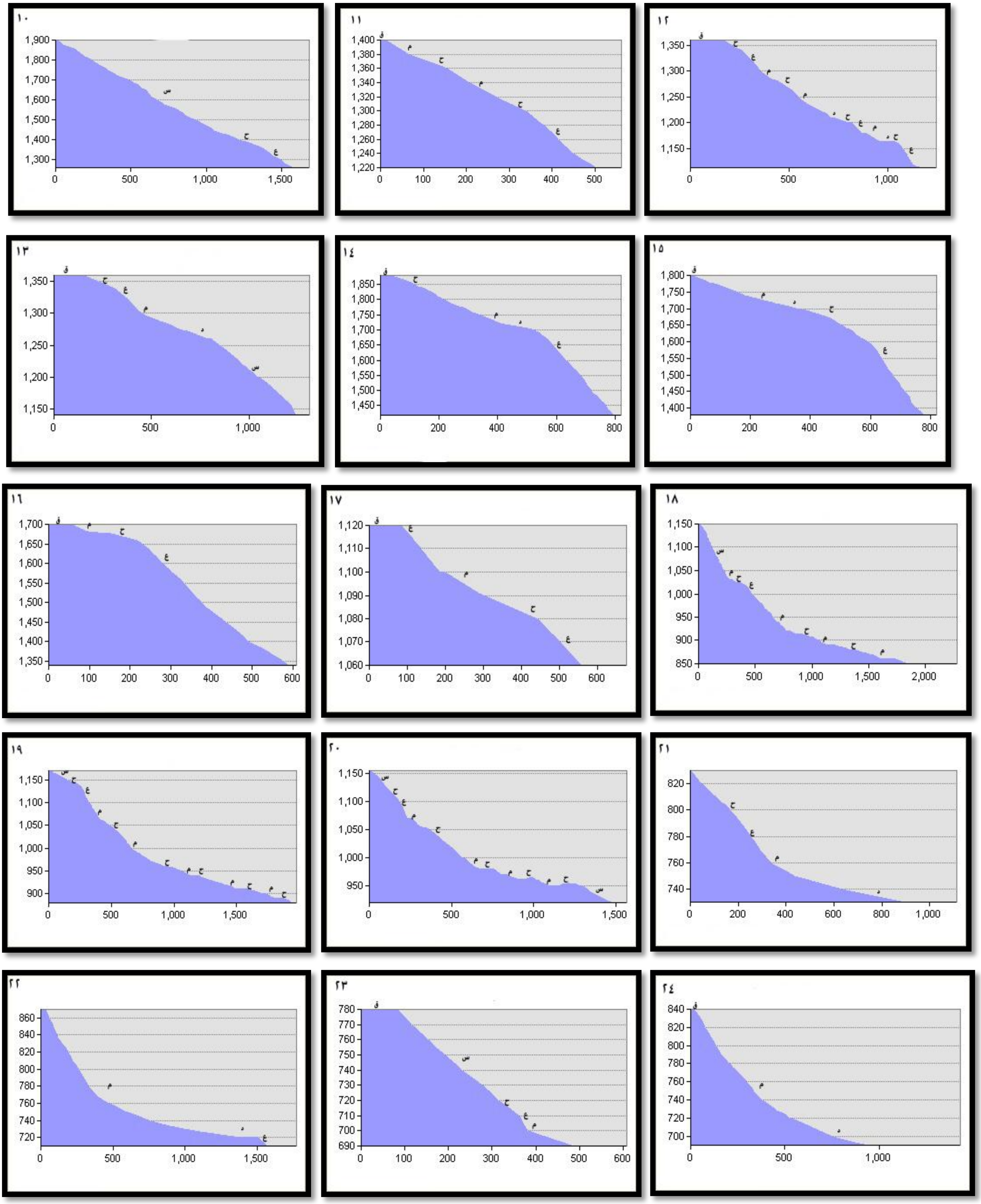
إن تقارب قيم معامل الاختلاف لمعامل التقوس في كل من العناصر المقعرة والمحدبة للمقاطع المدروسة، مؤشر على تناسب في شدة العمليات الحتية الممارسة على هذه السفوح، والناجمة عن تشابه القاعدة الجيولوجية على مستوى السفوح المدروسة، ويلاحظ من تحليل الشكل البياني للمقاطع الثلاث المدروسة الشكل (٢٣)، كثرة العناصر المقعرة والمحدبة على طول القطاعات، والناجم عن تنوع في القاعدة الصخرية على طول القطاعات المذكورة، والتي تبدأ بالحجر الكلسي الرصيفي الحطامي مع الحجر الرملي العائدة للأيوسين الأعلى، تليه طبقات من الحجر الكلسي النوموليتي الشبيه بالحوار (أيوسين أوسط)، ثم الحجر الكلسي الحواري والمارن مع اندساسات من الفوسفات العائد للأيوسين الأدنى، تليه طبقات من المارن والأرغوانيت والحجر الكلسي الحواري الباليوسيني، لتنتهي بصخر كلسي حواري كريتاسي.

إن الاختلافات في قساوة الصخور المذكورة، هو السبب الرئيس وراء تتالي وكثرة العناصر المحدبة والمقعرة في القطاعات المدروسة، فترافقت المحدبات مع الصخور الأكثر صلابة، بينما ترافقت المقعرات مع الصخور الأقل صلابة، وبشكل عام نحت القطاعات الثلاث نحو التقعر، وهذا ناجم عن عمليات الحت والتفريغ التي وصلت حتى صخور الكريتاسي، فالتشققات التي أصابت الصخور الباليوجينية التي شكلت قمة المحدب في السلسلة الالتوائية المذكورة، ساعدت على تسريع الحت في هذه الطبقات التي طالت معظم صخور هذا الحقب وصولاً لصخور الكريتاسي، مشكلة ما يعرف (بانقلاب التضاريس) في البنية الالتوائية، إذ ينقلب المحدب إلى مقعر، مما يعطي السفوح على الجانبين مظهر التقعر العام.




(م) عنصر مقعر (ح) عنصر محدب (ق) جزء قممي (ع) جزء أعظمي (د) جزء أدنى

(س) جزء مستقيم




الشكل (٢٣) يبين قطاعات السفوح المدروسة في حوض الأعوج

أما الأجزاء القصوى، فبلغ مجموع أطوالها (٢٣٤م) وبلغ عددها (٣) أجزاء، وبلغت انحداراتها على التوالي (٢١،٢٦،٤٠درجة)، وارتبطت بشكل رئيس بتواجد الصخور التابعة للأيوسين الأعلى والمكونة من الحجر الرملي والكلسي الحطامي، بينما بلغ مجموع أطوال الأجزاء المستقيمة (٦٨٣م)، وراوحت انحداراتها بين (٧-٢٧درجة) وتواجدت معظمها في القطاعات العليا من السفوح.

٥- تم رسم أربعة مقاطع للسفوح في كتلة الجبال البنيوية وسط حوض الأعوج (٢١،٢٢،٢٣،٢٤)، وبلغ مجموع أطوالها (٣٦٦٥م)، إذ بلغ مجموع أطوال العناصر المحدبة (١٤٠م)، أما العناصر المقعرة فبلغ مجموع أطوالها (٢٧٠٠م) وراوحت أطوال القطاعات بين (١١٥٠-٦٧٠م)، وبلغت قيم معامل الاختلاف (٤٣٤م)، ويرجع سبب ذلك إلى اختلاف مواقع هذه الجبال عن نهر الأعوج، أما معامل التقوس فراوحت قيمته بين (-٤.٠-٩) بينما بلغت قيمة معامل الاختلاف (٤%) ويعود ذلك لتجانس القاعدة الصخرية التي يجري عليها النشاط الحتي والمؤلفة من الصخر البازلتي الميوسيني على طول القطاعات المدروسة.

ويلاحظ من دراسة القطاعات السابقة، الاختلاف الكبير في أطوال كل من العناصر المقعرة والمحدبة، إذ شكلت أطوال العناصر المقعرة حوالي (٧٤%)من مجموع أطوال القطاعات. إن النشاط الحتي المركز للصخور البازلتية الهشة (صخر بازلتي وخبث بركاني) لإضافة للمسافة الكبيرة نسبياً لمستوى أساس هذه الجبال (نهر الأعوج)، ساعد على زيادة أطوال المقعرات من خلال ترسيب المواد المفككة من السفوح على هوامشها.

أما الأجزاء القصوى فبلغ مجموع أطوالها (٦٥م)، وترتبط بشكل وثيق مع الأجزاء القممية المستوية التي تميز كتل المرتفعات البنيوية وسط الحوض التي تعد بمثابة أسطح حتية قديمة.

**٢- تصنيف القطاعات :**

يتم تصنيف قطاعات السفوح على أساسين هما نوع الوحدات الانحدارية، وتوزع هذه الوحدات، ويعد هذين الأساسين نتاج التفاعل بين العوامل المناخية والليتولوجية والستراتيغرافية والهيدرولوجية.

ورغم تعدد الآراء حول تصنيف أشكال السفوح إلا أن تصنيف (Small 1978)[١] يعد من التصنيفات الأكثر شيوعاً، إذ يتم تصنيف السفوح إلى زمرتين:

- سفوح أحادية الشكل: إما مقعرة أو محدبة أو مستقيمة
- سفوح مركبة : وتتكون من الوحدات الانحدارية السابقة أو بعضها.

وسيتم اعتماد هذا التصنيف في دراسة القطاعات المدروسة في منطقة البحث:

١- السفوح أحادية الشكل :

أ- السفوح المقعرة: وتشمل القطاعات (٢١،٢٢،٢٤) وتبدأ هذه القطاعات بجزء قممي بسيط، وتشهد عمليات حت مركز بفعل المجاري المائية السيلية، كما تساعد القاعدة الصخرية الهشة نسبياً (بازلت وخبث بركاني) في مثل هذه العمليات، وقد أشار (Penck1953)[٢] إلى أن عمليات الترسيب التي تشهدها القطاعات الدنيا من المقعرات، تعمل على استواء سطحها وتخفيض انحدارها معطية شكلها المقعر،

[١] Small.R.J.(1978).The Study Of Landforms,Cambridge University Press Camridge,p127

[٢] Penck,W,(1953) , Op.Cit,P143

وتعد المقعرات من الدلائل الجيومورفولوجية على وصول السفح إلى مرحلة النضج.

ب- السفوح المحدبة: وتشمل القطاعات (٥،٦،١١،١٣،١٤،١٥،١٦)، وتؤثر في هذه المحدبات كما أشار (Fenneman) على جريان المسيلات والتي تأخذ حينها الطابع الانتشاري (الغطائي)، وانطلاقاً من ذلك، فقد فسر بعض الباحثين أسباب نشوء المحدبات إلى عملية الغسل الغطائي (Sheet Wash) وهذا معاكس لما يحدث في المقعرات من عمليات الغسل المركز (Concentrated Wash)، كما أشار (Penck1953)(١) إلى أن شدة عمليات الحت في الأجزاء الدنيا من المحدبات، يعمل على زيادة انحدار هذه الأجزاء ومن ثم تشكيل العناصر المحدبة، ومنه فإن عمليات التصابي التي تتعرض لها المجاري المائية، تسهم بدرجة مهمة في تشكيل المحدبات، ويظهر ذلك بشكل جلي في القطاعات المدروسة في سافلة حويضة الجناني.

ت- السفوح المستقيمة :وتتمثل في القطاعات (٤،٧،١٠) وتعد العوامل الجيولوجية من أهم العوامل المسؤولة عن تكون مثل هذه السفوح، ففي القطاع رقم (٤) توافق السفح المستقيم مع مرآة صدع فالق سرغايا، بينما كانت في القطاع (٧) ناجمة عن حت سفلي منتظم ساعد توضعات الكونغلوميرات على التراجع بشكل متساوي مما أعطى السفح الشكل المستقيم، أما القطاع (١٠) فقد تطابق فيه السفح مع سطوح الارتصاف (التطبق) في المنطقة.

٢- السفوح المركبة :

وتشمل القطاعات (١،٢،٣،٨،٩،١٢،١٨،١٩،٢٠) وتعد مثل هذه السفوح أنموذجاً لاشتراك العوامل والعمليات المسؤولة عن تشكل المقعرات والمحدبات، كما يعد وجود سلسلة انحدارية (Slope Sequence) دليل على تعدد مراحل التطور الجيومورفولوجي للقطاع، وأن تطور الجزء الأعلى من القطاع كان مستقلاً عن تطور الجزء الأسفل من نفس القطاع، إلا أن تعدد السلاسل الانحدارية قد يكون ناجماً أيضاً عن وجود طبقة أو طبقات صخرية صلبة أو تصابي المجاري المائية، وما يرافقه من نشاط حتي خاصة في الجزء الأسفل من القطاع.

وتحتوي القطاعات (١-٢-٣) على أكثر من سلسلة انحدارية، ويعود سبب ذلك لوجود طبقة بازلتية بسماكة (٤٠-٦٠م)، عائدة للحقب الثاني شكلت عائقاً أمام عمليات الحت الممارسة على السفح، بينما كان تعدد السلاسل الانحدارية في القطاعات (٩-١٢) ناجماً عن تجدد في النشاط الحتي لنهر الجناني والناجم عن تبدلات مستوى الأساس في بحيرة الهيجانة، أما ظهور السلاسل الانحدارية في القطاعات (١٨-١٩-٢٠) فهو ناجم عن الاختلافات الليتولوجية العديدة على طول القطاعات المدروسة.



---

(١)Penck,W,(1953 ) ,Ibid,p143

**٣- التوزع التكراري لزوايا الانحدار :**

يستخدم التوزيع التكراري لزوايا الانحدار في دراسة أشكال السفوح كأداة لتمثيل زوايا الانحدار في هيئة شكل بياني، و أشار (فرحان١٩٨٢)[١] بإمكانية الاستفادة من هذه الدراسة في نواحي عدة:

١- مقارنة زوايا الانحدار في أكثر من بيئة لتطور التضاريس، تختلف من حيث تكوينها الجيولوجي وظروفها المناخية، وتطورها الجيومورفولوجي.

٢- التعرف إلى الزوايا الشائعة التي تميز أنواعاً مختلفة من السفوح في ظروف مختلفة من النواحي الجيولوجية والمناخية، واستخدامها في تفسير مورفولوجية السلاسل والوحدات والأجزاء الانحدارية وطبيعة تطورها، وكذلك التعرف إلى طبيعة التوزيع التكراري وهل هو وحيد المنوال أو ثنائي أو ثلاثي المنوال، واستخدام نتائجها في تمييز السفوح على أساس الشكل والظروف المناخية.

٣- مقارنة البيانات الخاصة بأحد أحواض التصريف المائي من درجة معينة، مع البيانات الكلية المتوفرة عن منطقة ما بهدف التعرف إلى أوجه الشبه والاختلاف بين نمط التوزع التكراري لزوايا الانحدار في حوض التصريف المائي المختار، وبين نمط هذا التوزع للبيانات الكلية لمعرفة الشذوذ في الخصائص المورفولوجية المحلية.

وقد تم الاعتماد في إنشاء المدرجات التكرارية على تقسيم الزوايا إلى فئات مدى كل منها درجتان، وذلك بهدف إظهار التباين بين القيم والفئات التكرارية، فقد أثبتت دراسة (فرحان١٩٨٢) أنه في حال القراءات المقاسة إلى أقرب قراءة صحيحة تعادل نصف درجة، فإن المدرجات التكرارية التي تقوم على فئات تكرارية طولها درجتين تبين بوضوح جميع الذبذبات في التوزيع، وكذلك الاختلافات القائمة بين تكرار الفئة والفئة التي تليها.

ويلاحظ من زوايا الانحدار والشكل (٢٤) ما يأتي:

- **في جبل الشيخ:**

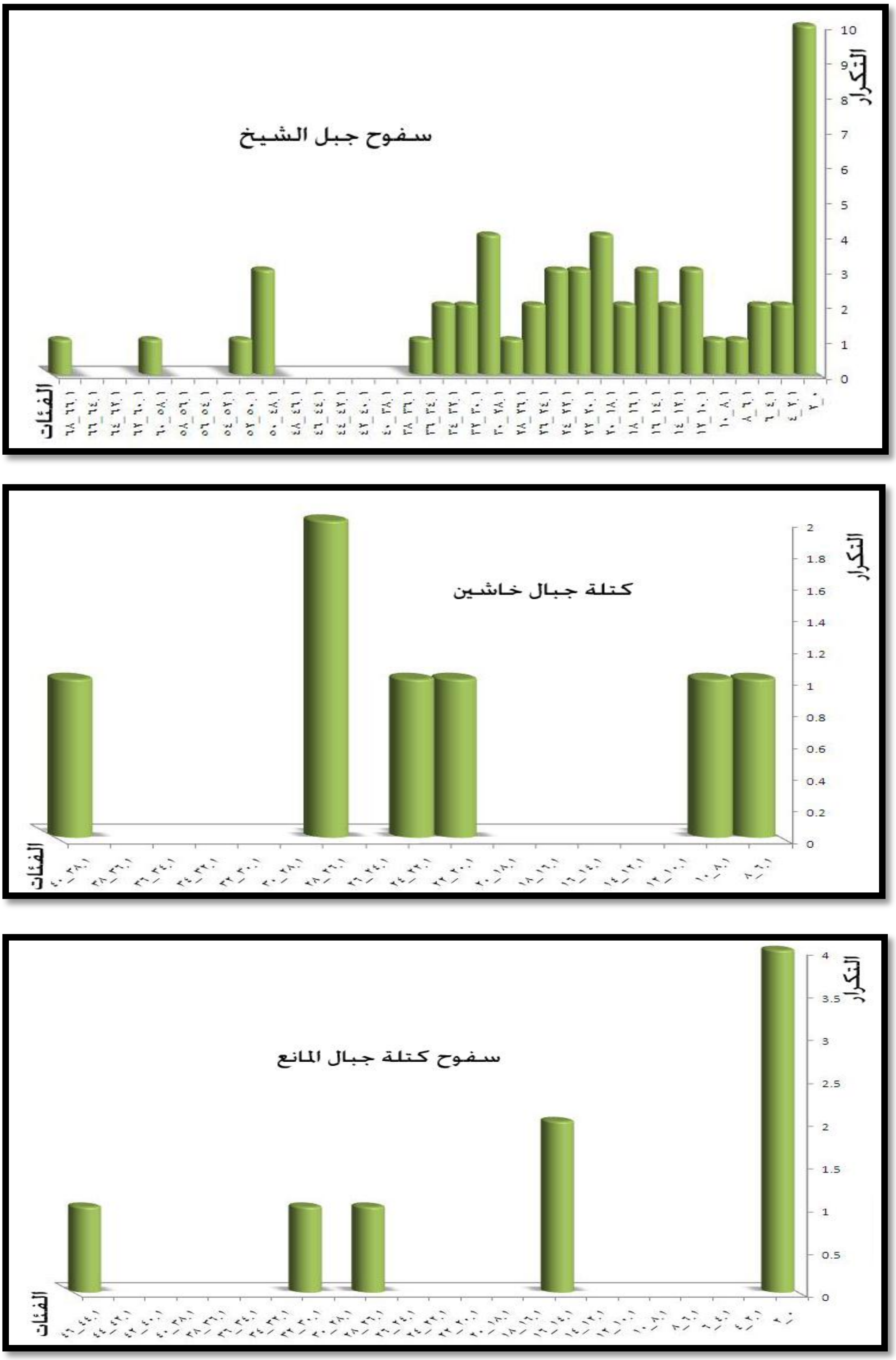
شكلت الفئة(٠ْ-٢ْ) الفئة المنوالية، إذ مثلت حوالي (١٩%) من إجمالي التكرارات، وارتبطت زوايا هذه الفئة بقمة جبل الشيخ والناجمة عن التوضع شبه الأفقي لطبقات الصخر الكلسي، كما شكل تكشف الطبقات الأفقية لترسبات الترياسي في أرض حوضة عرنة جزءاً مهماً من نسبة زوايا هذه الفئة،إضافة إلى أن سطح المسكوبة البازلتية الجوراسية، التي نال النشاط الحتي من الصخور الكلسية أعلاها، جزءاً آخر من زوايا هذه الفئة، كما تشارك بعض قمم الكتل الجبلية الباليوجينية المكونة من الصخر الكلسي الحواري و اندساسات من الفوسفات ذات الانحدارات اللطيفة في حويضة الجناني في هذه النسبة.

أما الفئات (١٨-٢٠)(٢٨-٣٠)، فشكلت الفئة المنوالية من الدرجة الثانية وارتبطت معظمها بالأجزاء المستقيمة، بينما كانت الفئات (١٠-١٢)(١٦-١٨)(٢٠-٢٢)(٢٢-٢٤)(٤٨-٥٠) فئات منوالية من الدرجة الثالثة، وشكلت الزوايا (١٠-٣٨) حوالي (٥٩%) من التكرارات، وتضم هذه الفئة أجزاء مستقيمة وقصوى، إذ ارتبطت الأخيرة بطبقات الصخر الكلسي الجوراسي وحافات المسكوبة البازلتية في حويضة بحيران، وتنحصر الزوايا الشائعة في الفئة (٠ْ-٢ْ)، كذلك يتصف التوزع التكراري لزوايا الانحدار في جبل الشيخ بأنه وحيد المنوال وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Young1972)[٢] من أن هذه القيمة هي ما يميز السفوح في الأقاليم المناخية المعتدلة، وقد بلغت قيمة الوسيط (١٩) وتأخذ المدرجات التكرارية لزوايا الانحدار أشكالاً قريبة من التوزع المعتدل.

---

[١] يحيى فرحان،(١٩٨٢)، مرجع سبق ذكره،ص٤٣

[٢] Young. A ,( 1972), Op.Cit,P168




الشكل (٢٤) يبين التوزع التكراري لزوايا الانحدار في مناطق الدراسة

- **كتلة جبال خاشين:** يمكن تمييز الفئات الرئيسة الآتية من زوايا الانحدار :
فئة (٨-٦) (٨-١٠) وتمثل نطاق البيدمنت والبيدمونت
فئة (٢٠-٢٢) (٢٢-٢٤) وتمثل العناصر المستقيمة
فئة (٢٨-٣٠) (٣٨-٤٠) وتمثل الأجزاء القصوى

ويلاحظ حدوث انقطاع واضح في التوزع التكراري لزوايا الانحدار، إذ تختفي بعض فئات الانحدار كلية كالفئات (١٠-٢٠)(٣٠-٣٨)، ويعود ذلك للتنوع الستراتيغرافي الذي أدى لتتابع ظهور المحدبات والمقعرات والأجزاء القصوى بشكل شبه متماثل، وقد شكلت الفئات من (١٠-٣٨) حوالي (٨٥%)، بينما شكلت الفئات (>٣٨) حوالي (١٥%)، وارتبطت بشكل رئيس بصخور الحجر الكلسي الرصيفي.

- **كتلة جبال المانع:** تشكل الفئة (٠-٢) الفئة المنوالية، إذ شكلت حوالي (٤٤%) من التكرارات، وترتبط بالسطوح الحتية عند القمم وطول المسافة التي شكلها البيدمونت نتيجة البعد عن نهر الأعوج، أما الفئة (١٤-١٦) فشكلت الفئة المنوالية من الدرجة الثانية، وشكلت الفئات (٢٦-٢٨)(٣٢-٣٤)(٤٤-٤٦) الفئات المنوالية من الدرجة الثالثة، وارتبطت بالأجزاء القصوى المتشكلة عند أقدام السفح والناجمة عن نشاط الحت الذي يمارسه نهر الأعوج على قاعدة السفح.

**٤- تطور السفوح :**

تشكل السفوح الوحدات التضريسية التي يمكن استخدامها في دراسة وتفسير جيومورفولوجية مناطق معينة، وهي لا تقتصر على وصف أشكالها فحسب، وإنما تشمل وصف وتفسير أنماط تطورها حتى أخذت تلك السفوح أشكالها الراهنة.

ويقصد بتطور السفوح تغير أشكالها مع مرور الزمن، لكن وعلى الرغم من بساطة هذا المفهوم الذي قدمه (Young1974) إلا أن الإلمام بتطور السفوح يتطلب معرفة العوامل التي أسهمت في تشكيلها وتطورها، كالتكوين الجيولوجي والظروف المناخية الحالية والماضية، إضافة لمعرفة خصائص أشكال الوحدات الانحدارية وزوايا الانحدار الشائعة.

وقد طور الجيومورفولوجيون ثلاث فرضيات تبين طرق تطور السفوح [1]، إذ يختلف نمط التطور من فرضية لأخرى وهي:

١- عندما يتراجع السفح في جميع نقاطه بالمقدار بنفسه، فإن هذا النمط يعرف بالتراجع المتوازي للسفح (Parallel Retreat) وقد حدد (Fanivan1984) شروط عدة يجب توافرها لسيادة مثل هذا النمط وهي كما يأتي:
   - أن يكون السطح وعراً وشديد التضرس
   - أن تنتشر المجاري المائية بشكل متوازٍ على كامل السطح
   - طبقات صخرية ذات توضع أفقي أو شبه أفقي

٢- عندما يبقى القسم الأسفل من القطاع ثابتاً في حين يتراجع القسم الأعلى منه، فإن السفح يتراجع بطريقة الهبوط (تخفيض السفوح) (Slope Decline)، إذ تتناقص درجات الانحدار على طول القطاع مع تناقص ارتفاع السفح، وذلك بفعل التأثير المشترك للنشاط الحتي للمسيلات المائية وعمليات التجوية.

٣- عندما يتناقص الانحدار الأقصى للقطاع، ويعوضه في المقابل تكون وحده انحدارية لطيفة الانحدار أسفله، يسمى هذا النمط بطريقة التعويض أو الاستبدال (الإحلال) (Slope Replacement)، يؤدي هذا النمط من التراجع إلى تحول القسم الأكبر من القطاع إلى عنصر انحداري مقعر متصل أو متقطع.

---

(١) Young. A ,( 1972), ,Ibid,p39

على العموم، يؤكد (Young1972) على أنه بتراجع السفح بطريقة التعويض، فإن العنصر المقعر سيشكل حوالي (٦٠%) من طول القطاع الكلي، بينما لن يزيد طول العنصر المحدب عن (٥%) ، أما بتراجع السفح بطريقة الهبوط، فإن العنصر المحدب يشكل حوالي (٢٠%) من الطول الكلي للقطاع بينما يزيد طول العنصر المقعر عن (١٠%).

ويلاحظ من خلال الخرائط الطبوغرافية ما يأتي:

أ- تتراجع سفوح جبل الشيخ في القطاعات (١-٢-٣) وفق نمط التراجع المتوازي، إلا أن ما يميزها هو أن تطور القطاع العلوي من السفح (أعلى المسكوبة البازلتية)، كان مستقلاً نوعاً ما عن تطور القطاع السفلي، إذ شكلت هذه المسكوبة عائقاً جيولوجياً سمح بتطور القطاع أعلاها بسرعة أكبر، وهذا بالضبط ما تشير إليه قيم معامل التقوس لمجموع العناصر المحدبة والمقعرة.

كذلك فإن القطاعات (١٨-١٩-٢٠)، تتطور بطريقة التراجع بالتوازي، إذ أدى تطور التضاريس هناك إلى انقلاب التضاريس، أما القطاعات (٧-٨-٩) فتتطور وفق فرضية الاستبدال، وتشير القطاعات المرسومة إلى أن السفوح تمر بمراحلها الحتية الأولى، إذ الدرجات القصوى ترتبط بمعظمها بأعلى القطاع يأتيه قطاع مستقيم حتى المجرى الرئيس.

ب- تظهر الخرائط الطبوغرافية وبيانات المقاطع السفحية المأخوذة في القطاعات (٨-٩-١٠-١١-١٣-١٤-١٥-١٦-١٧) وجود نمطين لتطور السفوح، إذ تظهر الأجزاء القصوى في منتصف القطاع مع ازدياد في أطوال العناصر المحدبة والمقعرة باتجاه الأعلى، حيث كان يسود النمط التخفيضي قبل أن يؤدي تصابي المجاري المائية لظهور نمط التراجع المتوازي في أسفل القطاع متيحاً الفرصة لظهور الأجزاء القصوى السابقة، ويزداد وضوح سيطرة هذين النمطين بالاقتراب من نهاية حويضة الجناني.

ت- تتطور السفوح في المقاطع (٢١-٢٢-٢٤) وفق نمط التراجع بالاستبدال، إذ تشكل العناصر المقعرة فيه حوالي (٦٠%) من طول القطاع.

## ثانياً - الأشكال الناجمة عن عمل المياه الجارية:

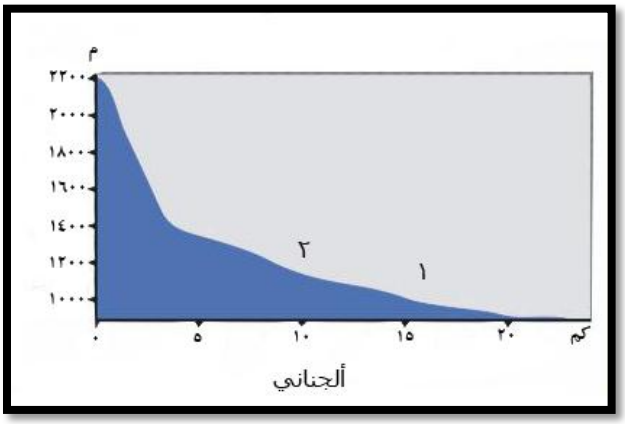
### ١- القطاعات الطولية للمجاري المائية*:

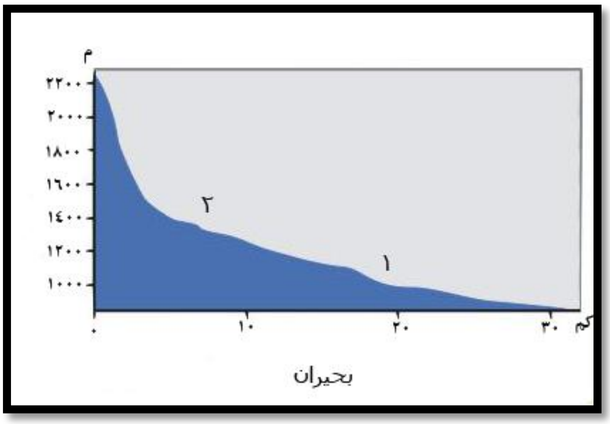
يعكس القطاع الطولي Longitudinal profile تذبذبات مستوى الأساس المحلي للأنهار، بالإضافة إلى عمليات التجوية وانهيار الصخور، والاختلافات الليثولوجية للصخور والصدوع. وتم رسم القطاعات الطولية من خلال الخرائط الطبوغرافية (١/٥٠.٠٠٠)، وذلك للمجاري الرئيسة للحوض ممثلة ببحيران والجناني والأعوج، ويلاحظ من الشكل (٢٥) ما يأتي:

١- بلغ طول القطاع الطولي لنهر بحيران حوالي (٣٢) كم، ويبدأ عند خط كنتور (٢٢٠٠) متر ، لينتهي عند التقائه بنهر الجناني على ارتفاع حوالي (٨٩٠) متر ، و يبلغ معدل انحداره العام حوالي (٣٧) درجة، ويتصف بتقعر عام بمعدل تقوس (-٨.٠درجة /١٠٠م)، ويعكس ذلك شدة عمليات الحت في بحيران، ويلاحظ على القطاع الطولي وجود انقطاعين للانحدار يعزا كلاهما لوجود مجموعة من الكسور المستعرضة مع محور النهر.

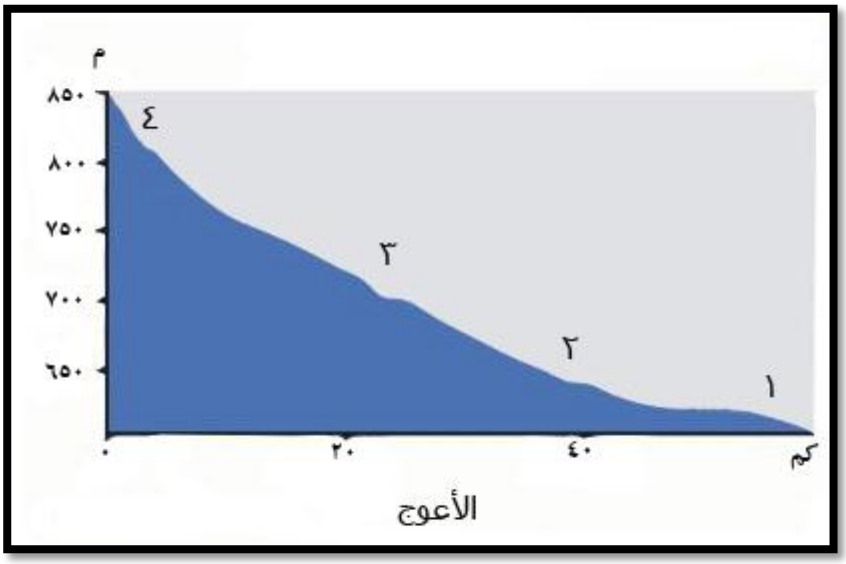
٢- بلغ طول القطاع الطولي لوادي الجناني حوالي (٢٥) كم، ويبدأ عند خط كنتور (٢٢٠٠) متر ، لينتهي عند التقائه بنهر بحيران على ارتفاع حوالي (٨٩٠) متر ، و يبلغ معدل انحداره العام حوالي (٤٧)درجة، وبينما يبلغ معدل الانحدار في الـ (٥) كم الأولى حوالي (١٦٠) درجة يتناقص تدريجياً حتى مزرعة بيت جن، إذ يصبح الانحدار لطيفاً ويراوح بين (١٠-٢٠/١٠٠٠)م، ويتصف المقطع الطولي بتقعر عام بمعدل تقوس (-٧.٠درجة /١٠٠م)، ويدل ذلك على تركز عمليات الحت خاصة في القطاعات العليا في الجناني إذ تزداد نسبة اتصال الروافد، ويلاحظ على هذا القطاع وجود تقعرين بسيطين، الأول يرتبط بمجموعة كسور مستعرضة لمحور النهر، أما الثاني فيرتبط ربما بانخفاض مستوى الأساس، ممثلاً بمنخفض الهيجانة.

٣- بلغ طول القطاع الطولي لوادي الأعوج حوالي (٦٠) كم، ويبدأ عند خط كنتور (٨٩٠) متر ، لينتهي عند حدود منخفض الهيجانة (٦٠٠) متر ، و يبلغ معدل انحداره العام حوالي (١٥)درجة، ويشير الشكل العام للمقطع الطولاني إلى سيادة عمليات الترسيب في معظم قطاعات النهر، ويلاحظ على طول القطاع الطولي وجود أربع انقطاعات للانحدار، تتوافق مع تغيرات مستوى بحيرة دمشق التي قام عادل عبد السلام بدراستها الخريطة (٢٨)، إذ شكلت هذه الانقطاعات نقاط لتجدد الحت.



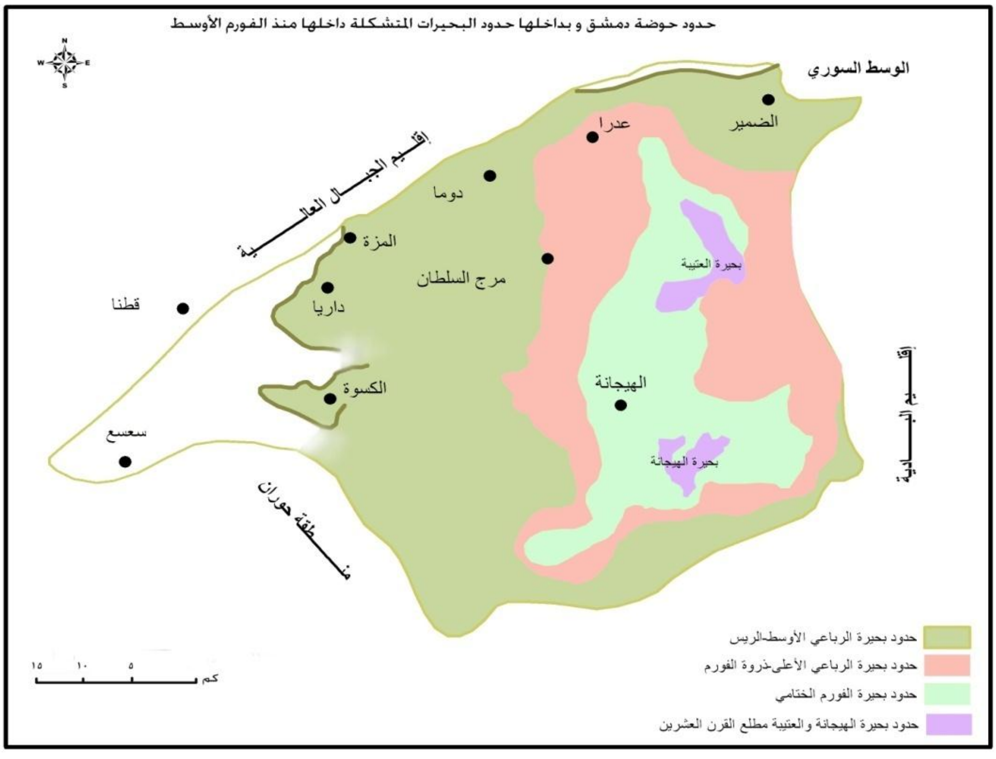




* رسمت القطاعات الطولية من الخرائط الطبوغرافية ١/٥٠٠٠٠




الشكل (٢٥) مقاطع طولانية للمجاري المائية الرئيسة في حوض الأعوج

يرتبط الانقطاع (٣) مع تراجع مستوى بحيرة الرباعي الأوسط، أما الانقطـاع (٢) فيرتبط مع هبوط مستوى بحيرة ذروة الفورم، بينما يشير الانقطاع (١) إلى تجدد الحت نتيجة انخفاض مستوى بحيرة الفورم الختامي.




الخريطة (٢٨) يبين تغير مستوى بحيرة دمشق من الرباعي الأوسط حتى القرن العشرين (عن عادل عبد السلام)

## ٢- المصاطب النهرية:

أدت التغيرات المناخية المتتالية خلال الحقب الرابع إلى تبدلات مهمة في مستوى الأساس المحلي لنهر الأعوج، انعكست على شكل تتالي لأوجه نشاط جيومورفولوجي متنوعة بين حت وترسيب، مخلفة ورائها مصاطب نهرية تعد من الدلائل الباليو جيومورفولوجية التي تعكس العلاقة المتبادلة بين النهر ومستوى أساسه ومنابعه.

تظهر المصاطب النهرية في حوض الأعوج في منطقتين، الأولى تقع شرق مدينة سعسع بين منطقتي الحسينية وأبو قاووق ، أما الثانية فتقع في منطقة الكسوة ، وتقوم عدة عوامل دورها في اقتصار ظهور المصاطب في هذه المناطق فقط، ففي المنطقة الأولى وبعد التقاء كل من السيبراني والجناني وخروجهما من كتلة جبل الشيخ، ونتيجة الانخفاض الكبير والمفاجئ في درجة الانحدار، تنشط عملية الترسيب النهري، يضاف إلى ذلك تقدم الأنقاض من جبل الشيخ باتجاه الجنوب الشرقي على شكل جبهة تعرقل تقدم النهر، كما أن الصبات البركانية الميوسينية والبليوسينية في جنوب الحوض، ربما تكون شكلت عائقاً أمام تقدم مياه الأعوج المتجه جنوباً، مما ساعد على تنشيط عمليات الترسيب.

أما في المنطقة الثانية فالكتل الجبلية الميوسينية عملت على عرقلة مياه النهر من إذ تحديد مجراه وبما تقدمه من أنقاض تزحف باتجاه أقدام هذه الجبال إذ يجري نهر الأعوج.

وسيتم دراسة المصاطب النهرية والسهل الفيضي في المنطقتين على النحو الآتي:

١- السهل الفيضي: يبلغ اتساع السهل الفيضي عند قرية أبو قاووق حوالي (٧٧م) الصورة (١٣) ويكون محصوراً بين أقدام مخروط أنقاض جبل الشيخ من جهة والطرف الجنوبي لوعرة زاكية من جهة أخرى، ثم يتفاوت اتساعه بعد ذلك على طول المجرى حتى قرية الحسينية، إذ يبلغ (٢٥٠م)،ويتميز السهل الفيضي في هذه المنطقة بسطح منبسط وانحدار لطيف باتجاه سرير النهر، كما أنه مقسم إلى مستويين الأول وهو سهل الفيضان الحالي، والثاني سهل الفيضان القديم ويراوح ارتفاعه حوالي (٢.٥م) الصورة (١٤) .



الصورة (١٣) تبين السهل الفيضي قرب قرية أبو قاووق



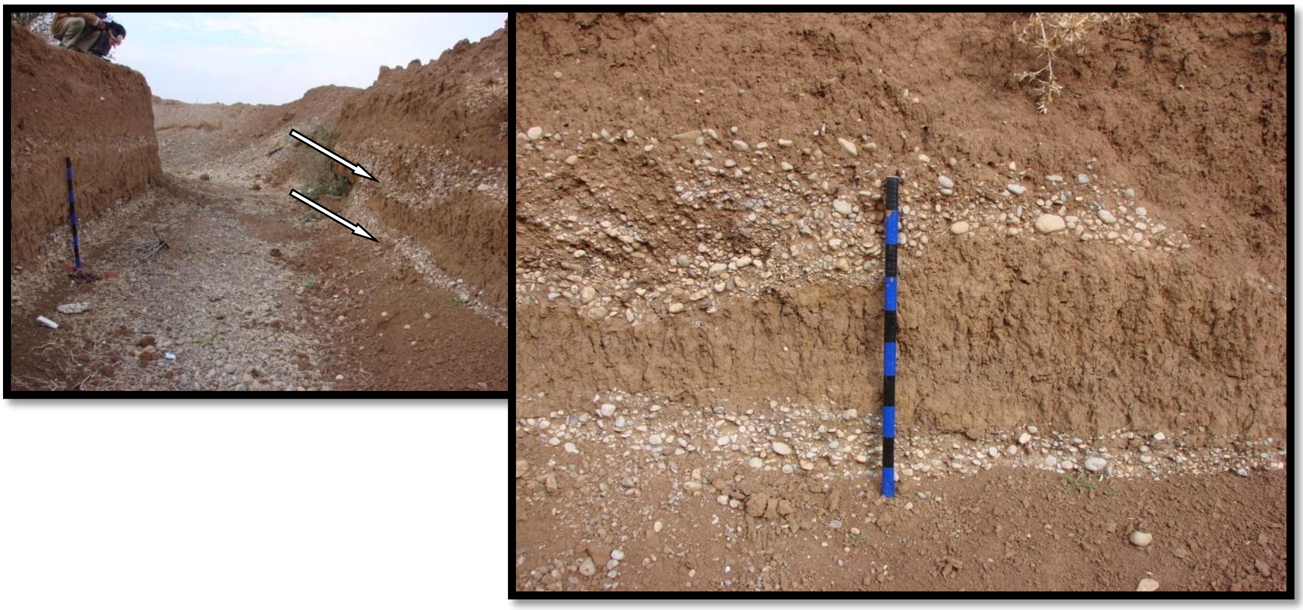
الصورة (١٤) تبين مستوى سهل الفيضان القديم قرب قرية الحسينية

وبعد قرية الحسينية ينفرج الوادي النهري، ويتسع السهل الفيضي مندمجاً مع الأراضي السهلية المجاورة، وبالاقتراب من الكسوة تبدأ معالم هذا السهل بالتحدد من جديد، ويبلغ اتساعه هنا حوالي (٢٠٠م) الصورة (١٥).



الصورة (١٥) يبين السهل الفيضي قرب الكسوة

ويتألف السهل الفيضي في حوض الأعوج على العموم من اللوم واللوم الرملي مع أشرطة مندسة من الحصى الجيدة التكوير الصورة (١٦).



الصورة (١٦) يبين تركيب السهل الفيضي غرب الكسوة

**٢- المصطبة الأولى:**

وتعود لفترة الرباعي الحالي، تلاحظ هذه المصطبة في المناطق شرق مدينة سعسع والكسوة، لكنها تختفي أحياناً على الطرف الجنوبي للحوض أسفل الصخور البازلتية لوعرة زاكية، ويختلف الامتداد العرضي للمصطبة من مكان لآخر، وهو يراوح بين (٥٠م) في منطقة أبو قاووق و(١٥٠م) في الحسينية، بينما يبلغ اتساعها في منطقة الكسوة حوالي (٢٠٠م)،ويبلغ ارتفاعها بين (٤-٦م) ويختلف تركيب المصطبة من منطقة لأخرى على امتداد النهر، فهو مكون من حصى جيدة التكوير خاصة في المنطقة التي تتظاهر فيها سهول أقدام جبل الشيخ، بينما يظهر الحصى المكور مع اندساسات من الرماد والرمل البركاني في منطقة غربي زاكية الصورة (١٧)، ويتصف سطح هذه المصطبة بالاستواء وينحدر انحداراً خفيفاً باتجاه سطح السهل الفيضي.



الصورة (١٧) مقطع للمصطبة الأولى قرب زاكية

**٣- المصطبة الثانية:**

وهـي أصـغر مسـاحة وامتـداداً مـن المصـطبة الأولـى، وتعـود لفتـرة الربـاعي الأعلـى، ويراوح ارتفاعها بين (٨-١٢م)، وتظهر أحياناً في المنـاطق التـي تنتشر عليها وعرة زاكية الصورة (١٨).




الصورة (١٨) يبين المصطبة الأولى والثانية والسهل الفيضي قرب زاكية

وتظهر هذه المصـطبة فـي منطقـة الكسـوة علـى شـكل جـرف مكـون مـن صـخور الكونغلـوميرا ضعيفة التماسك، تتفاوت مساحة هذه المنطقة من منطقة لأخرى، وهي تبلغ أدناها في منطقة أبو قاووق حوالي (٣٠م). وبشكل عـام يتنـاقص ارتفـاع هذه المصـاطب بالاتجـاه نحـو عاليـة النهـر، وهذا دليل على أن هذه المصـاطب ناجمة عن انخفاض في مستوى الأسـاس، ولـيس عـن نهـوض الجزء الغربي للحوض.

## ٣- الأكواع النهرية:

تعد ظاهرة الأكواع النهرية في حوض الأعوج دلالة على سلوك المجرى النهري، بعد انخفاض معدل انحداره، وتناقص قدرة النهر على تعميق مجراه وزيادة الحمولة النهرية، وتختلف هذه الأكواع في خصائصها المورفومترية وعددها تبعاً لظروف النشأة والتطور إذ تعطي مؤشرات على القواعد البيئية والحوضية التي تطورت خلالها تلك الأكواع.
وتأتي أهمية دراسة الأكواع النهرية من كونها ذات طبيعة ديناميكية متبدلة ومرتبطة بالظروف الطارئة على الحوض، لذلك فإن دراستها وما يرتبط بها من دلالات جيومورفولوجية تسهم في تحديد التغيرات التي تتعرض لها الأكواع النهرية.

### مورفومترية الأكواع النهرية في حوض الأعوج*

**النمط النهري(Stream Pattern) لوادي الأعوج**
تعد دراسة النمط النهري وصفاً للامتداد الأفقي للمجرى، ونستطيع الحصول عليه من خلال النسبة بين طول خط القاع Thalweg Line للمجرى إلى طول الوادي الذي يمر فيه، وقد أشار سلامة (١٩٨٠)[1] أن هذه النسبة تتراوح بشكل عام بين (١-٤)، إذ يكون المجرى مستقيماً Straight إذا بلغت النسبة (١) بينما إذا بلغت هذه النسبة (١.٥)، فيمكن اعتبار النهر ملتوياً Sinuous، ويعتبر النهر متعرجاً Bend إذا زادت النسبة عن ذلك، ومن الجدول الملحق رقم (١٩) نجد:
يمكن تصنيف الأكواع النهرية في حوض الأعوج إلى نمطين اثنين:
١-الأول النمط الملتوي وهو الأقل انتشاراً ،إذ ظهر هذا النمط في (٢٢) كوع في مناطق مختلفة من النهر لكنها تركزت في بداية النهر، وبلغ متوسط معامل الانعطاف (١,٣١)، وبمدى تراوح بين (١,١١- ١,٥)، ويرجع السبب الرئيس لظهور مثل هذا النمط في بداية النهر، لتأثير وعرة زاكية التي تشكل الحد الجنوبي للنهر.
٢- الثاني النمط المتعرج، وهو النمط المسيطر على طول المجرى النهري، وحدد في (٢٧٤) كوع نهري، وقد بلغ متوسط معامل الانعطاف (٢,٧) وبمدى تراوح بين (١,٥١-٥,٣) وتزداد هذه القيمة بالاتجاه نحو المصب قرب قرية الهيجانة.
أما بالنسبة لكثافة الأكواع النهرية، فقد بلغت في بداية المجرى في المنطقة التي تلي إلتقاء نهري السيبراني و الجناني حوالي (٢,٦) كوع / كم، أما في المنطقة الوسطى فبلغت (١٣,٤) كوع/كم، وفي منطقة المصب (١٩) كوع / كم.
مما سبق نجد أن كثافة الأكواع وقدرة النهر على الانعطاف تزداد باقتراب النهر من المصب.

**٤-الانحدار:**
عندما يعجز النهر عن تعميق مجراه نتيجة انخفاض قيم الانحدار يلجأ إلى عملية الانعطاف في محاولة لزيادة طول المجرى النهري، وبشكل عام راوحت معدلات الانحدار في وادي الأعوج بين (٠-٢) درجة، بينما بلغت قيم الانحدار بين بداية ونهاية الوادي بحدود (٤) درجات، ودلت الدراسة الميدانية لعشرة أكواع نهرية في وسط ونهاية الحوض* الملحق رقم (٢٠) وجود علاقة

---

* تم دراسة (٢٩٦) كوع نهري بالاعتماد على الدراسة الميدانية والخرائط الطبوغرافية ١/٥٠٠٠٠ والصور الجوية مقياس ١/١٠٠٠٠ و ١/٢٥٠٠٠ وذلك في المنطقة الممتدة من نقطة إلتقاء السيبراني والجناني حتى مدينة الهيجانة (نهر الأعوج الأصلي).

[1] حسن سلامة،(١٩٨٠) ، الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، الجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ٢٥،ص٨

* لم يتمكن الباحث من إجراء الدراسة الميدانية على أكواع نهرية في بداية النهر بسبب شدة التدخلات البشرية

ارتباط عكسية متوسطة بين كل من معامل الانعطاف والانحدار، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط (-٠,٥٧)، وهذا يشير إلى أنه وبتناقص الانحدار يزداد كل من معامل الانعطاف وكثافة الأكواع النهرية، ولهذا تزداد كثافة ومعامل انعطاف الأكواع النهرية بالاتجاه نحو المصب نتيجة انخفاض قيم الانحدار.

**٥-الحواجز:**

تعد الحواجز والعوائق التي تتوضع في سرير المجرى النهري إحدى العوامل المهمة في زيادة قدرة النهر على الانعطاف، إذ يبرز عملها من خلال قدرتها على توجيه الجريان باتجاه خارج الضفاف، ليزداد نشاط الحت عليها ومن ثم زيادة انعطافها.
وتنشأ هذه الحواجز على شكل مراحل متمايزة، فبداية تشكل الحواجز تظهر على شكل تراكم من الرواسب الخشنة بالقرب من الضفاف المحدبة للأكواع الصورة رقم (١٩)، وتشكل هذه الرواسب الأساس الذي تتطور عليه الحواجز اللولبية Scroll bars نتيجة ترسب الحمولة الأقل حجماً، ومع استمرار عملية الترسيب تنمو هذه الحواجز، ليهجر النهر المنعطف القديم، ويبدأ بالتعرج.



الصورة رقم (١٩) تبين تجمع الرواسب الخشنة قرب الضفة المحدبة

**٦-مورفولوجية القناة:**

يعد شكل المجرى المائي نتاج للعلاقة القائمة بين عمليات الحت والترسيب من جهة، وما يرافقهما من تغير في ظروف هيدرولوجية الجريان ضمن القناة المائية، فنشوء التيار الحلزوني يؤدي إلى حت إحدى الضفاف (الضفة المقعرة الأشد انحداراً)، والترسيب على الضفة الأخرى(الضفة المحدبة) الصورة رقم(٢٠)، ومع استمرار العملية يتشكل الكوع النهري ويتطور ليصل لمرحلة القطع النهري.
وتشير العلاقة بين كل من عمق المجرى المائي وعرض القناة ومعامل الانعطاف إلى وجود علاقة ارتباط متوسطة القوة، فقد بلغت قيمة معامل الارتباط بين كل من عمق المجرى المائي ومعامل الانعطاف (-٠,٥٦) وبين كل من عرض القناة ومعامل الانعطاف (٠,٥٨)، أي أن الانعطاف يزداد مع كل من زيادة عرض القناة وانخفاض عمقها، وهذا يتفق مع اقتراب النهر من المصب.

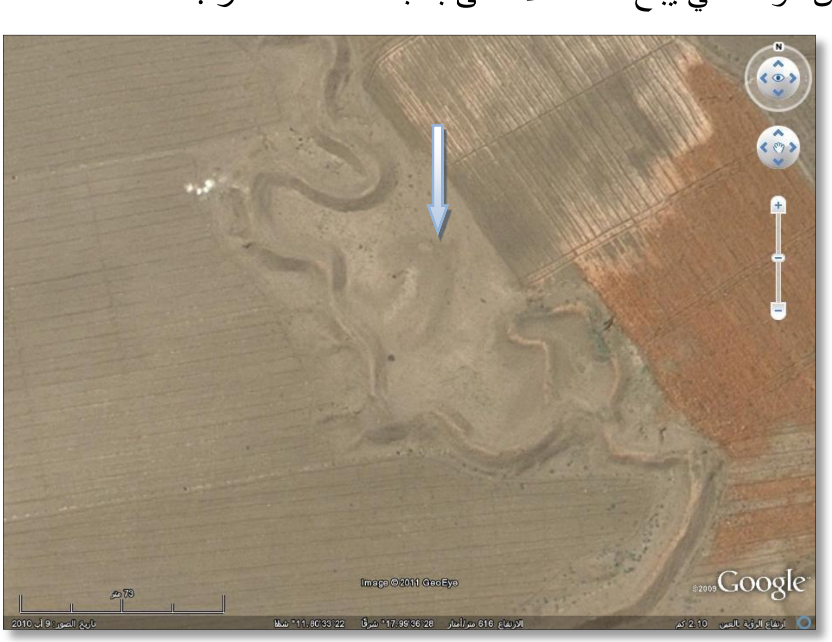


الصورة رقم (٢٠) تبين كوع نهري بضفتين مقعرة ومحدبة

**٧-هجرة الأكواع:**

تشكل التعرجات النهرية البسيطة نقطة انطلاق تجنح فيما بعد إلى المبالغة وتشكيل الأكواع النهرية، ويتأتى ذلك نتيجة ابتعاد التيار النهري نحو الطرف الخارجي للكوع، أي أنه يتجه للمرور بالقرب من الضفة المقعرة راسماً تعرجات أكبر من محور السرير وميولاً إلى مبالغة هذه التعرجات، لأن مكان خط السرعات العظمى هو مكان الحت الأعظم، وهكذا تنخفض إحدى الضفاف أكثر فأكثر في حين يتخلى هذا التيار عن جزء من حمولته عند الضفة المحدبة، يقود هذا التطور إلى جعل الضفة المقعرة على شكل جرف، في حين تصبح الضفة الأخرى أكثر تحدباً.

نتيجة التطور السابق للأكواع قد يتقاطع كوعان متجاوران ليخلفا ورائهما مجرى أكثر استقامة وذراعاً ميتاً (كوع مهجور) الصورة (٢١)، وفي الوقت نفسه الذي يزداد فيه عرض مجال تجوال الأكواع النهرية، فهي تقوم بالهجرة باتجاه السافلة، لأن خط السرعات العظمى يحتاج لبعض الوقت كي يبلغ انتقاله الأقصى باتجاه الضفة المقعرة.

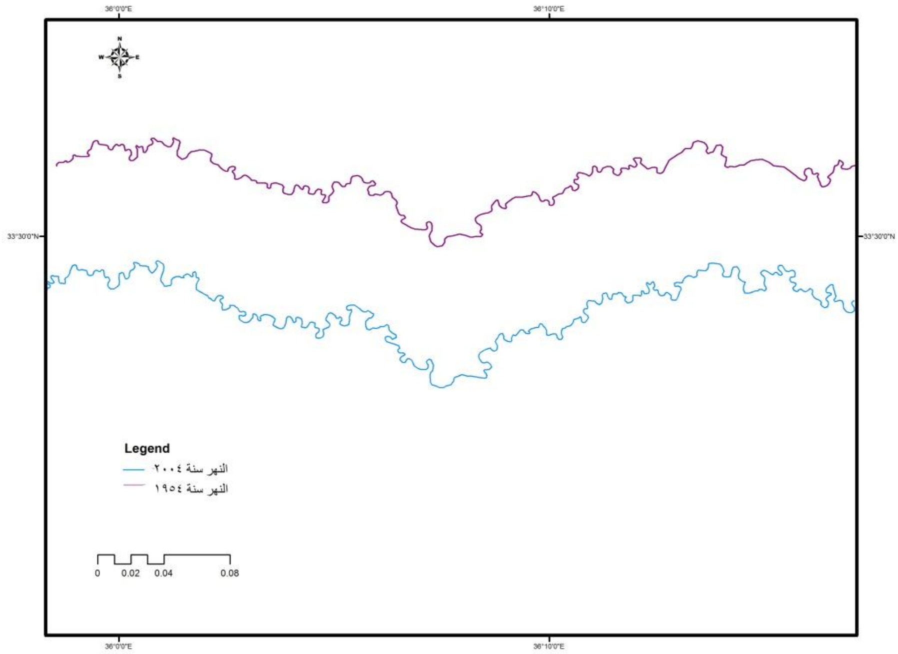



الصورة (٢١) تبين كوع مهجور قرب قرية الهيجانة عند مصب نهر الأعوج

وأظهرت دراسة مقارنة للصور الجوية لمجرى نهر الأعوج قرب قرية الحرجلة* في الفترة بين عامي (١٩٥٤) و (٢٠٠٤) الشكل (٢٦) ما يأتي:

١- أظهرت هذه المقارنة تبدلات بسيطة في هجرة الأكواع النهرية باتجاه المصب.

٢- تباينت في كل من الفترتين الزمنيتين أشكال وأبعاد الأكواع النهرية ولو بشكل بسيط.



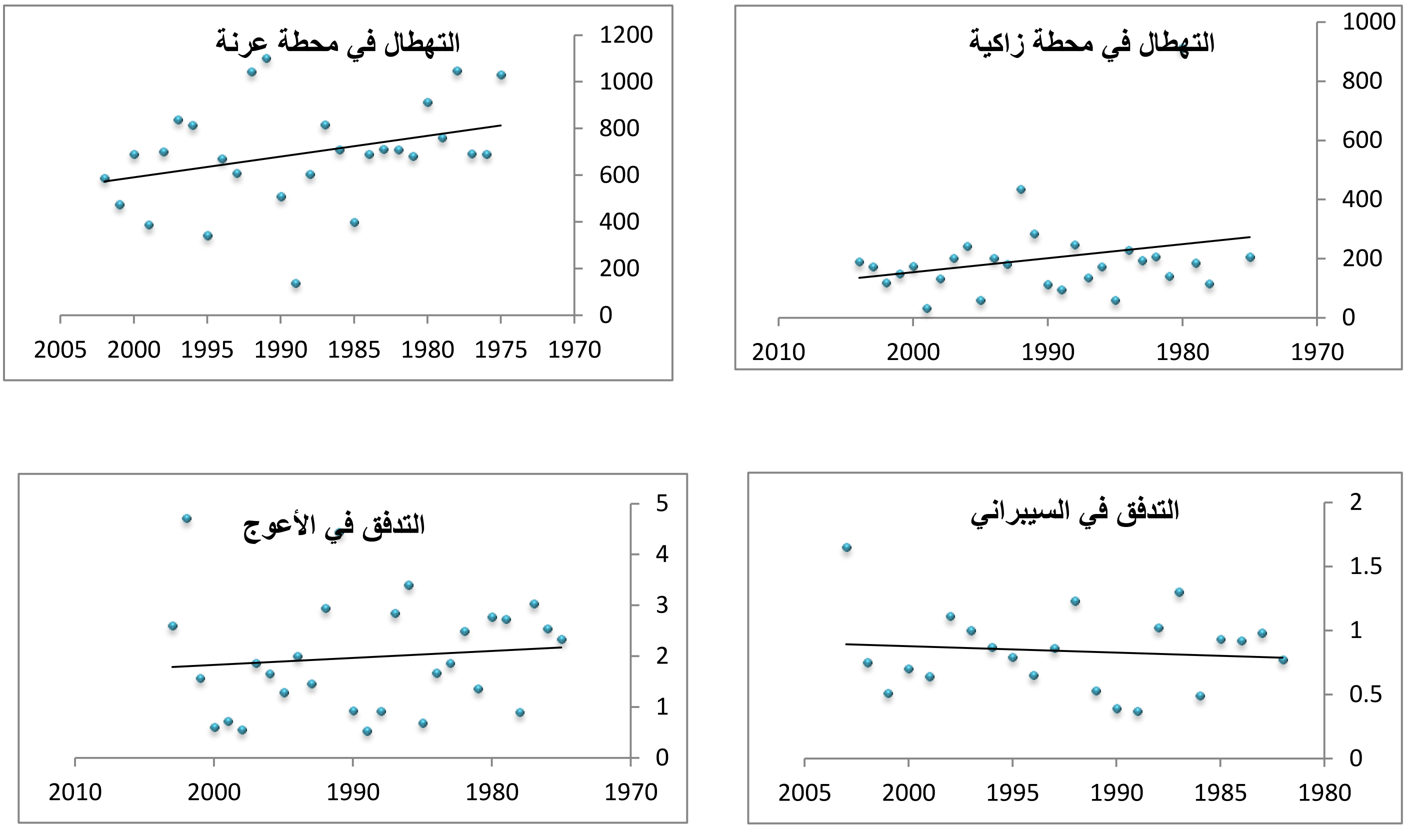

الشكل رقم (٢٦) تظهر نهر الأعوج قرب قرية حرجلة بين عامي (١٩٥٤ و ٢٠٠٤)

٣- بينت دراسة تغيرات خط الانحدار الشكل (٢٧) لكل من التدفق النهري والتهطال في محطات (عرنة، بيت سابر، زاكية)، أن معدلات التهطال في كل من عرنة وزاكية آخذة بالتناقص، بينما أظهرت بيانات التدفقات للسيبراني زيادة في قيم التدفق، أما في زاكية فخط الانحدار للتدفق نحى باتجاه التناقص، ويعزى زيادة التدفق في السيبراني مع تناقص قيم التهطال نتيجة القيام بتحديد جوانب المجرى، في المنطقة الممتدة من عرنة حتى سعسع، إلا أنه وبشكل عام لعب تناقص التهطال دوراً مهماً في تناقص قيم التدفق ، يضاف لذلك التزايد الكبير في استهلاك المياه عن طريق اشتقاق القنوات العديدة على طول المجرى، واستثمار مياه النهر في القطاع الأعلى منه للأغراض الزراعية، ولهذه الأسباب يعود البطء في هجرة الأكواع النهرية في الحوض، نتيجة انخفاض تدفق المياه، التي أصبحت في العديد من السنوات لاتصل حتى مدينة الكسوة، وإن وصلت فلمدد قصيرة جداً في فصل الربيع.



---

* اقتصرت المقارنة في هذه المنطقة فقط بتأثير عدة عوامل منها عدم وجود صور جوية متطابقة للمنطقة خلال الفترتين المعتبرتين في الدراسة لمناطق وسط وسافلة الحوض، إضافة لتأثير التدخلات البشرية العنيفة في الفترة الحديثة في الجزء الأعلى من الحوض.




الشكل (٢٧) يبين خط الانحدار للتهطال والتدفق في نحوض الأعوج

## ثالثاً- الأشكال الجليدية والصقيعية:

إن التفاعل المستمر بين عناصر البيئة والوسط الطبيعي يقود في النهاية إلى إيجاد نوع من التوازن المورفومناخي، ومن ثم فإن أي انقطاع أو خلل في هذا التوازن سيؤدي لاستبدال النظام المورفوجينيتي (نظام تطور التضاريس) السائد بنظام آخر[١]، أي أن نماذج التطور ستبدأ بالتغير كماً وكيفاً، ففي الوقت الذي تصبح فيه بعض نماذج تطور التضاريس ثانوية، تظهر نماذج جديدة لم تكن معروفة من قبل.

تعد التبدلات المناخية إحدى أهم مسببات اختلال التوازن المذكور أو انقطاعه، فقد شهدت الكرة الأرضية ابتداءً من الحقب الثالث بداية التوزع الحالي للمناخات، التي أخذت تستقر شيئاً فشيئاً، وقد أشار Emiliani (1961)[٢] أن درجات الحرارة العامة مالت للانخفاض في كثير من أجزاء العالم بداية الحقب الجيولوجي الثالث، إلا أنها ما لبثت أن نَحَتْ للارتفاع خلال (الميوسين والبليوسين)، وفي الفترة الانتقالية بين البليوسين والرباعي (الفيلافرانشي)، ظهرت بداية التذبذبات المناخية بين المناخ البارد والحار وما رافقها من تبدلات في سيطرة لنشاط الحت العادي والجليدي، والتي تركت آثارها جلياً في تكييف تضاريس مناطق واسعة تحررت اليوم من الجليد إذ نستطيع رؤية بصمات النشاط الجليدي عليها، وهو ما عبر عنه Thornes[٣] (1977) حين أشار إلى طبيعة العلاقة المعقدة بين الزمان والمكان، وبأن لكل بيئة ذاكرة طويلة مختزنة في آثارها التابعة لنشاط حت أو ترسيب سابق، وأن المناخ الحالي لا يسود فعلياً فوق المنطقة إلا منذ فترة قصيرة جداً من وجهة النظر الجيولوجية (حوالي عشرة آلاف عام) لم تستطع الأشكال التضريسية خلالها أن تستبدل معالمها السابقة بصورة كاملة.

وعلى الرغم من أن مسألة وجود نشاط جليدي في سورية كان مجال أخذ ورد بين العلماء، إلا أن وجود بعض المظاهر التضريسية الموروثة عن نشاط جليدي سابق في بعض الجبال السورية، تشير إلى أن التذبذبات المناخية خلال الحقب الرابع وما رافقها من انخفاض في درجات الحرارة وزيادة في كمية التهطال، ساعدت على دفع خط الثلج الدائم لمستويات سمحت بسيطرة نشاط الحت الجليدي على تلك المناطق، ورافق ذلك انخفاض باقي النطاقات المناخية دون مستواها الحالي، فنطاق النشاط الصقيعي الذي يحوم مستواه اليوم حول (٢٠٠٠)م في مناطق غرب سورية، هبط حتى مستوى (١٠٠٠)م في فترة الفورم[٤].

إن التطرق لدارسة الأشكال التضاريس الجليدية والصقيعية في سورية يتطلب إلقاء نظرة على التذبذبات المناخية خلال الحقب الرابع وخاصة في فترة الفورم، كونها الفترة الجليدية الرئيسة التي لا زالت بعض التضاريس السورية تحتفظ ببصماتها حتى اليوم.

### ١- المناخ القديم في الحقب الرابع(البلايستوسين):

لا يتكون البلايستوسين من فترة جليدية واحدة فقط، وإنما يتألف من فترات متتابعة بعضها شديد البرودة، يطلق عليه مصطلح الفترات الجليدية (Glacials)، وفترات أخرى ترتفع فيها درجات الحرارة ويسود فيها الدفئ، وتسمى الفترات بين الجليدية (Interglacials)،

[١] محمد فائد حاج حسن،(١٩٩٦)، أسس الجيومورفولوجيا المناخية، جامعة دمشق، ص٣٠٣

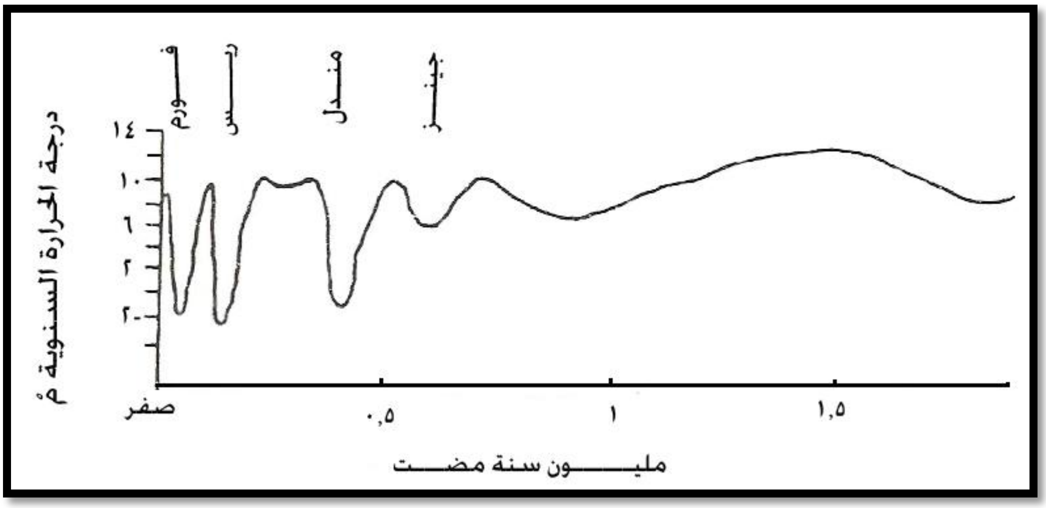
[2]Emiliani.K.W,(1961),The Late Neogene, Beostratigraphy And Geochronology and Paleoclimatology Elsevier Scientific,Amsterdam,p223

[3]Thornes. J & Brunsden, D; (1978): Geomorphology and Time, Methuen & Co Ltd, Condrily P19.

[٤] عادل عبد السلام،(٢٠٠٤)،الجغرافية الطبيعية لسورية، منشورات جامعة تشرين،ص٢٣٥

وكنتيجة لانتشار الغطاءات الجليدية وزيادة سماكاتها خلال الفترات الجليدية، تعرضت الصخور أسفل تلك الغطاءات لنشاط الحت والتعرية، ونقلت كميات كبيرة من الأنقاض الناتجة لمسافات طويلة، وبحلول الفترات بين الجليدية تراجع الجليد مخلفاً وراءه ركامات جليدية (المورينات)، وأشكالاً سطحية أخرى متنوعة تعرضت فيما بعد لأنشطة التجوية و الحت المائي.

وقد اتجهت معظم الدراسات نحو تحديد الحد الفاصل بين البليوسين و البلايستوسين على أساس ظهور المنخريات وانقراض (Discoasteridae)* منذ حوالي (٢) مليون سنة، واقترح (Penck1909) في أثناء دراسته لبقايا النباتات في جبال الألب أربع فترات جليدية عظمى، ووجد أن هنالك ارتباطاً بين الفترات الجليدية الأربعة والمصاطب الحصوية في حوض نهر الراين وأنهار أخرى، وأطلق على هذه الفترات أسماء جينز (Gunz) و مندل (Mindel) و ريس (Riss) و فورم (Wurm)، تبعاً لأسماء الأودية التي وجدت فيها الأدلة على هذه الفترات الشكل (٢٨)، إلا أن استخدام الطرق الحديثة في دراسة السجل الستراتيغرافي لقيعان البحار والمحيطات، أظهر وجود دورات جليدية أخرى، فقد بين (Cook1973)[١] وجود حوالي (١٦) دورة جليدية في (٢) مليون السنة الفائتة، وعلى الرغم من ذلك تبقى هذه الدورات مجرد شذوذات مناخية ضمن إطار الترتيب الكلاسيكي للفترات الجليدية الأربعة.




الشكل (٢٨) الفترات الجليدية الأربعة وتغيرات درجة الحرارة فيها في وسط أوروبا عن (Segota1966)

وتبعاً لآراء (Büdel 1981)[٢] فقد أدت هذه الذبذبات المناخية إلى دفع النطاقات المناخية شمالاً أو جنوباً تبعاً لدفئ المناخ أو تبرده مما انعكس على النشاط الجيومورفولوجي السائد في هذه النطاقات، فالنطاق المتوسطي مثلاً شهد سيطرة المناخ المعتدل البارد في الفترات الجليدية ، مع ظهور لنشاط صقيعي هام في قطاعاته الجبلية، وتعددت حوادث ميع التربة (Solifluction) و التجمند (Gelidfraction)، حتى وصلت مستوى سطح البحر أحياناً.

وفي بلاد الشام شكلت المنطقة نطاقاً انتقالياً بين حزامي نظام الغربيات ( Westerlies System) ونطاق تلاقي الرياح بين المدارين (Convergence Zone Inter Tropical) أو ما يرمز له اختصاراً (I.T.C.Z)، ومعدل حركة هذين الحزامين شمالاً أو جنوباً، أثرت على متوسط الكمية السنوية للمطر، إضافة لتأثيرات هذه الحركة على المناخ القديم للمنطقة، وقد

* مجموعة مميزة من البلانكتون نجمية الهيكل

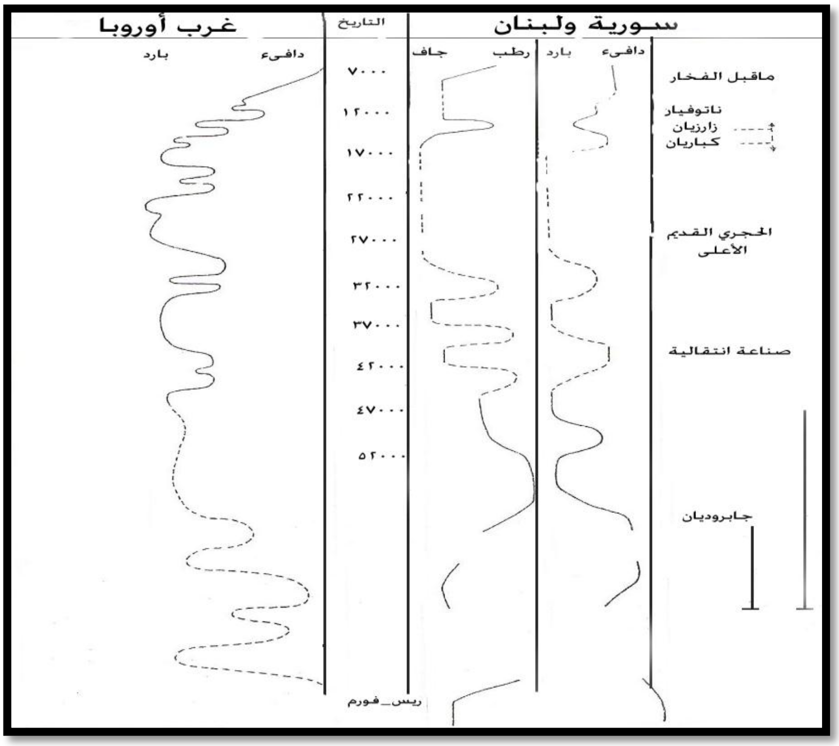
[١]Cook.H.S.(1973),Pleistocene Chronology :Long Or Short. Quaternary Research,p43

[٢]Büdel. J,(1981),Klima-Geomorphologie, Gebrüder Borntraeger ,Berlin ,Stuttgart,p23

ركزت معظم الدراسات التي تناولت تغيرات المناخ القديم خلال الحقب الرابع في المنطقة على فترة الفورم، كون المنطقة لا تزال تحتفظ بمؤشرات واضحة على تغيرات تلك الفترة حتى اليوم.

وعلى العموم فقد استدل على مناخ الفترات الجليدية من خلال تراجع مستوى مياه البحر المتوسط، بينما تعد تجاوزاته مؤشراً على الفترات بين الجليدية، وقد أشار كل من (Rohrlich And Goldsmith1984)(١) إلى إيداعات الرمال والكثبان الرملية على طول الساحل الشرقي للبحر المتوسط، التي جلبت بفعل حركة التيارات البحرية المعاكسة في اتجاهها لجهة دوران عقارب الساعة كدليل آخر على سيادة فترات مطيرة في فترة الفورم.

وعلى الرغم من الفكرة السائدة حول سيادة انخفاض الحرارة الدائم في فترة الفورم، إلا أن دراسات (Matthews1997) برهنت على أنه، وفي ذروة الفورم كان المناخ أكثر جفافاً الشكل (٢٩)، وعزى ذلك إلى سيطرة الضغط المرتفع لمنطقة أوروبا الشرقية(٢).




الشكل (٢٩) منحنيات المناخ القديم للفترة الجليدية الأخيرة في الشرق الأوسط وغرب أوروبا على أساس تحليل حبوب الطلع عن (Gourhan1974)

أما دراسات (Issar 2004)(٣)، فقد برهنت وجود كميات من المياه أسفل صحراء النجف وسيناء، ضمن طبقات الصخر الرملي النوبي، إذ تم تزويد هذه طبقات بكميات وفيرة من المياه خلال فترة الفورم، وتم تحديد عمر هذه المياه باستخدام نظائر الكربون المشع ($C^{14}$) وراوحت بين (٢٠-٣٠) ألف عام، وبمقارنة هذه النسب مع التركيب النظائري للأمطار المعاصرة

(١) Stanley.D.J,(1989),Sediment Transport On The Coast And Shelf Between The Nile Delta And Palestine Margin, Mediterranean Basin Program, Journal Of Coastal Research,p817

(2) Issar. S,(2004), Climate Changes during the Holocene and their Impact on Hydrological Systems, Cambridge University Press,p3

(٣) Issar. S,(2004), ibid, p4

وعلاقتها بمسار العواصف المطرية الغربية، وجد أنه وخلال فترة الفورم اتخذت هذه العواصف مسار (غرب- جنوب غرب)، وأن مستوى مسارها كان أوطئ من مستواه الحالي، إذ مثلت الصحراء الليبية مدخلاً لمثل هذه العواصف لتمر بعدها بالصحراء المصرية ثم صحراء سيناء والنجف، وقد أدى هذا الهبوط في مسار العواصف الغربية إلى زيادة نشاط العواصف الغبارية في كل من صحراء سيناء والنجف، و تلا تلك العواصف أمطاراً غزيرة مما سبب توضع سماكات كبيرة من (اللوس) وصلت حتى عشرات الأمتار في جنوب سيناء، يضاف إلى ذلك امتداد عشرات البحيرات الضحلة على طول وادي (فيران) في المنطقة نفسها من سيناء، وباستخدام ($C^{14}$)، حدد عمر هذه التوضعات بحوالي (٢٤) ألف عام.

وفي أبحاثه عن تغيرات المناخ خلال البلايستوسين المتأخر، رأى (Farrand 1971)[١] أن البحر الميت شهد بداية تشكله منذ حوالي (٧٠) ألف عام، وبعد تقلبات عدة وصل لأعلى مستوى له، وبلغ حوالي (-١٦٤) م تحت مستوى سطح البحر مقارنة بمنسوبه الحالي (-٤٠٠)م، وكان ذلك منذ حوالي (٢٥) ألف عام، إذ امتد في تلك الفترة ليشغل معظم وادي الأردن، من شواطئ بحيرة طبرية شمالاً حتى نقطة تقع على بعد (٣٥)كم جنوب الشواطئ الحالية للبحر الميت وبذلك بلغ طوله من الشمال إلى الجنوب حوالي (٢٢٠)كم وعرضه الأقصى (١٧)كم وعلى هذا يمكن تقدير كمية مياهه في السابق بحوالي (٣٢٥)كم ٣ مقارنة بحوالي (١٣٦)كم ٣ حالياً، وعرف باسم بحيرة ليسان (Lisan-Lake)، استقر بعد ذلك على مستواه السابق لمدة (٢٠٠٠) عام، ومن ثم بدأ منسوبه بالهبوط حتى وصل (-٣٢٥)م منذ (١٠٠٠٠)عام.

وأظهرت بيانات السلسلة الزمنية لغبار الطلع المأخوذة من عينات لبية في بحيرة طبرية و الحولة شمال فلسطين، وبحيرة (فان على ارتفاع ١٧٢٠م) شرق تركيا، تغيرات انتقالية من البلايستوسين إلى الهولوسين، صنفها (Darmon1988)[٢] على النحو الآتي:

- من (١٩ -١٤.٥) ألف سنة المناخ رطب بعض الشيء
- من (١٤.٥- ١٢.٥) ألف سنة المناخ رطب
- من (١٢.٥- ١٠) ألف سنة في البداية كان المناخ رطباً ثم مال نحو الجفاف

وبدراسة نسبة ($O^{16}$,$O^{18}$)* للعينات نفسها وجد أن مستوى بحيرة (فان)، كان أعلى بحوالي (٧٢)م من مستواه الحالي منذ حوالي (١٨) ألف عام، في حين أنه وخلال الفترة بين (١٠-٩)آلاف عام، كان هنالك انخفاض في مستوى البحيرة وزيادة في ملوحة المياه مع تركيب أثقل من ($O^{18}$) كدليل على مناخ أدفئ وأجف، إلا أن ارتفاعاً في منسوبها حدث منذ حوالي (٧)آلاف عام ورافقه انخفاض في تركيز الملوحة كنتيجة لزيادة كمية التهطال في المنطقة، أما (Degens 1984)، فقد صنف خلال فترة الهولوسين بالاعتماد على البيانات الباليونولوجية المراحل الآتية:

من (١٠-٨) ألف عام، مناطق سهبية، كدليل على مناخ يميل نحو الدفء والجفاف

- من (٦.٥-٣.٤) ألف عام، نباتات غابية، مناخ أكثر رطوبة
- من (٣.٤- الوقت الحاضر) ألف عام، نباتات معاصرة

و يتوافق ما توصل إليه كل من (Degens , Darmon) إلى حد ما مع نتائج الدراسات الباليونولوجية التي أجراها (Hussein 2006)[٣] في كل من حوض الأعوج وبحيرة الهيجانة*

---

(١) Goudie.A,(1977),Environmental Change, Clarendon Press, Oxford, p106

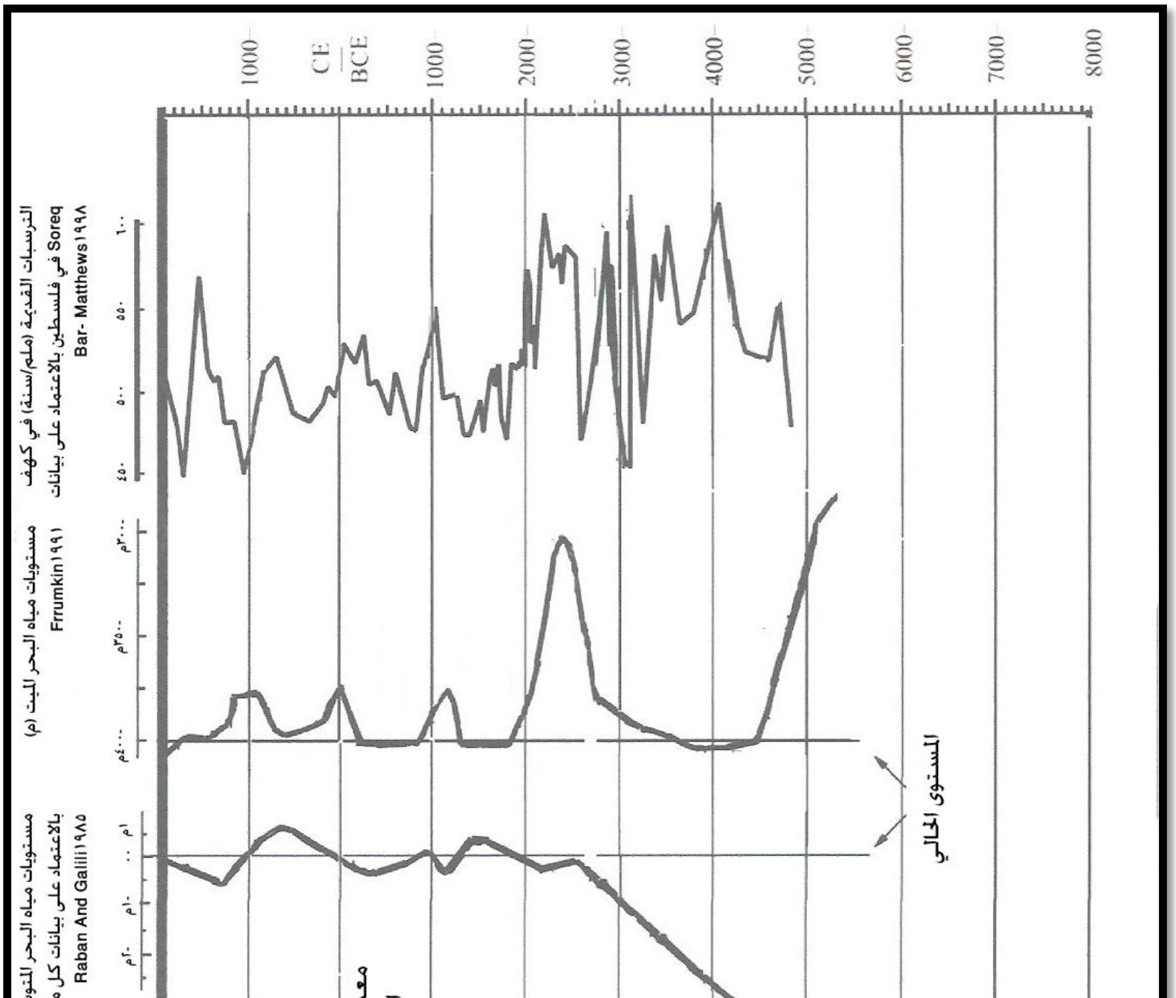
(٢)Issar. S,(2004), OP.CIT, P 8

* يشير التركيب الثقيل ل($O^{16}$,$O^{18}$) لمناخ حار وجاف، بينما يشير التركيب الأخف لمناخ أكثر برودة ورطوبة

(٣)Hussein.K,(2006),Climatic Characteristics Of The Late Pleistocene And Holocene Contintal Deposits From Southwestern Syria Based On Palynological Data,Darwiniana,p336

* تم أخذ عينات الدراسة من منطقة حرجلة قرب الكسوة و أم دبيب في منخفض الهيجانة

إن العرض السابق للمناخ القديم في المنطقة، يشير إلى أن الفترة المثلى لظهور النشاط الجليدي في المنطقة خلال الرباعي الحديث هي ذروة الفورم في الفترة الممتدة بين (٢٧ ألف عام و ١٨ ألف عام) ،ثم تلاها فترات أخرى كانت ملائمة لإعادة قولبة التضاريس الجليدية السابقة ذاتها في الفترات (من ١٤ إلى١١ ألف عام)، ثم الفترة (من ٦ إلى ٣ ألف عام).



الشكل (٣٠) السلسلة الزمنية للهيدرولوجيا القديمة في الشرق الأوسط عن (Issar 2004)

- **الأشكال الجليدية:**

تشغل الجليديات اليوم رقعة تبلغ حوالي (١٥)مليون كم٢ من مساحة الكرة الأرضية، ويقع القسم الأعظم من هذا الجليد في القارة القطبية الجنوبية وجزيرة غروئنلنده، أما الباقي وهو مؤلف من جليديات جبلية أو من ألسنة ممتدة في حضيض الجبال وناجمة عن تلاحم تلك الجليديات ، فلا يمثل سوى (١%) من المساحة الكلية، و خلال الزحف الأقصى للجليديات الرباعية كان الجليد يغطي حوالي (٤٢) مليون كم٢، أي أن الجليد انحسر عن رقعة تزيد مساحتها عن ضعفي قارة أوروبا، ولا تزال تسود عليها آثار النشاط الجليدي حتى اليوم.

وتظهر الجليديات الحالية حسب أبعاد متفاوتة للغاية، فبعضها يتضاءل حتى يصبح عبارة عن لطخات من الثلج الدائم، وبالمقابل نجد الجليديات القارية وهي عبارة عن مساحة واسعة من الجليد القاري، واستناداً لأوضاع الجليديات يمكن أن نميز خمسة نماذج:

- الجليديات القارية - القبعات المحلية - جليديات الحلبات - جليديات الأودية - جليديات البيمونت.

وينجم الجليد عن تحول الثلج بواسطة التماسك والضغط الناجمين عن توضع ثلوج حديثة فوق أخرى قديمة، فطبقة الثلج تحتوي بعد سقوطها مباشرة على الكثير من الهواء كما تكون كثافة الثلج ضعيفة (٠.١)، وبتأثير الارتصاص والذوبان والانجماد يتحول الثلج إلى ثلج مرصوص، وتبلغ كثافته حينئذ (٠.٦)، وبعد عدة سنوات يتحول إلى جليد صرف تبلغ كثافته حوالي (٠.٨)[1].

ويشير دومارتون[2] إلى أن الثلج يجب أن يبلغ سمكه (٤٠)م على الأقل على سفح يبلغ انحداره (١٢ درجة)، لكي يتحول إلى ثلج مرصوص ولكي يبدأ بالحركة، ولا يحدث التخريش الثلجي إلا على الأطراف، في حين أنه لكي تبدأ بقعة ثلج سماكتها (١٥)م في الحركة، يجب أن تكون مستقرة على سطح يبلغ انحداره (٢٥ درجة)، وإذا ما بدأت الحركة فإن الثلج يجرف معه أنقاض التربة ويتمكن من تعميق التجويف الذي استقر فيه، وبذلك فإنه وبمجرد بدأ حركة الجليد يبدأ بقولبة السطح الطبوغرافي بأشكال جديدة تتفق مع سيطرة النشاط الجليدي.

## ٢- الحلبات الجليدية (Cirque أو Kar):

بما أن جليدية الحلبة، هي أصغر أشكال الجليديات أبعاداً، لذا فإن الحلبة أكثر الأشكال الجليدية بساطة، فهي عبارة عن منخفض على شكل نصف دائرة تشرف عليه جروف شبه قائمة، وتتعدد مقاييس الحلبات الجليدية فأحياناً تكون عبارة عن نقرات لا يزيد عرضها عن بضع عشرات الأمتار، وأحياناً أخرى على شكل مدرجات واسعة تنتهي عندها عالية الأودية الجليدية، ونميز في الحلبات الجليدية ما يأتي:

- حلبات على شكل نقرات متشبثة على خاصرة الجبل، ولأكبرها قاع منبسط يحتوي أحياناً على بحيرة صغيرة تسمى (Tarns)، وقد تكون هذه الحلبة مغلقة باتجاه السافلة بمنحدر عكسي يحجزها، ويسمى الرتاج (Lip) أو قد تكون مفتوحة.
- حلبات معقدة على شكل درجات.

---

[1] ماكس ديروو،(١٩٩٧)،مبادئ الجيومورفولوجيا، دار الفكر،ص٢٣٧

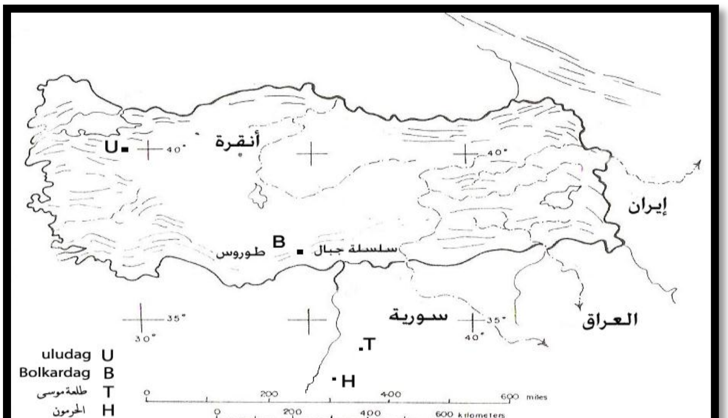
ولتفسير تشكل الحلبات الجليدية يذهب المورفولوجيون إلى أن ذلك يعود لتطوير حوض سيأتي بفعل الجليد، أو من خلال الدولينات التي تشكل أرضية مناسبة لبدأ نمو الحلبات الجليدية. ويقدر بعض الباحثين أن الجليد والثلج وحدهما قادران على تشكيل حلبة جليدية دون وجود شكل مورفولوجي سابق مجهز سلفاً[١].

ويبدأ تشكل الحلبة نتيجة النشاط الحتي السفلي الناجم عن حركة الجليد الانسيابية على أرض الحلبة وأسفل جدارها، مما يؤدي لزيادة انحدار هذا الجدار وتراجعه، وتساعد الحركة الدورانية للجليد بما يحمله من أنقاض على تعميق أرض الحلبة ودفع هذه الأنقاض باتجاه مخرجها مما يساعد على تشكيل الرتاج.

**حد الثلج الدائم وعلاقته بالنشاط الجليدي في سورية:**

يعرف حد الثلج الدائم بأنه النطاق الذي يحدد لنا المنطقة التي يقبع فوقها الثلج بشكل دائم، والتي يكون دونها مؤقتاً وفصلياً، ويتأثر مستوى هذا الحد بالعديد من العوامل كالموقع بالنسبة لدرجات العرض والطول، ودرجة التشمس وكمية التهطال، ومعرفة حدود هذا الخط تعد من الأمور ذات الأهمية الجيومورفولوجية الكبرى، فهو الذي يحدد نطاق سيطرة النشاط الجليدي والأشكال المرتبطة بهذا النشاط، وقد اتخذ العلماء التضاريس الجبلية الجليدية الألبية نموذجاً، لذلك يطلق اصطلاح الأشكال الألبية، على أشكال التضاريس في الجبال التي لم تعرف خلال الحقب الرابع إلا تجمداً محلياً.

وفي بعض مناطق بلاد الشام وتركيا، سمح انخفاض حد الثلج الدائم خلال الرباعي الحديث إلى سيطرة النشاط الجليدي على مساحات محدودة في القطاعات الجبلية الأكثر ارتفاعاً في تلك المناطق، ففي دراسته (Joseph 1968)[٢] للنشاط الجليدي في كتلة (Uludag) الجبلية في شمال غرب تركيا الخريطة (٣٠)، تم تحديد حد الثلج الدائم الحالي في تلك الكتلة قبالة سواحل البحر الأسود بحوالي (٣١٠٠)م، إلا أنه وبالاستدلال بدراسة بعض
الحلبات الجليدية المستحاثة*، وجد أن هذا الحد هبط حتى (٢٢٥٠)م الشكل (٣١)




الخريطة (٣٠) يوضح الأماكن التي تمت بها دراسة الحلبات الجليدية.

---

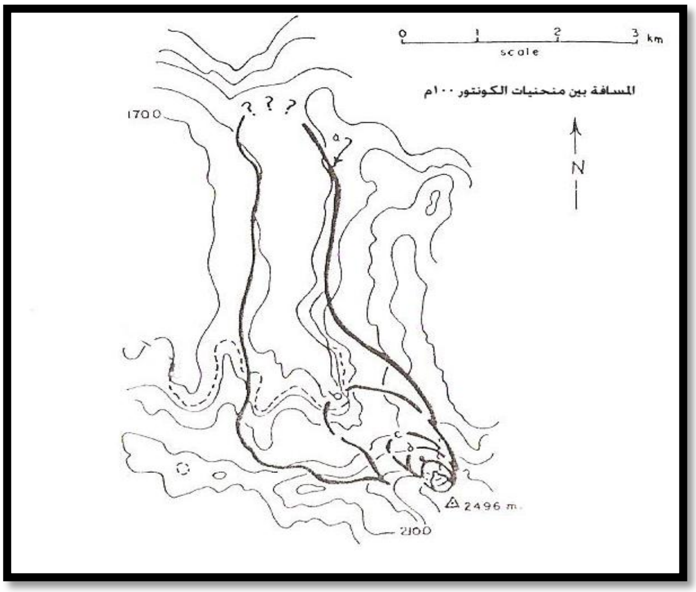
[١] ماكس ديروو،(١٩٩٧)، مرجع سبق ذكره،ص٢٤٠

[٢] Joseph.B,(1968),Glacial Reconnaissance In Turkey, Geological Society Of American Buletin,p1112

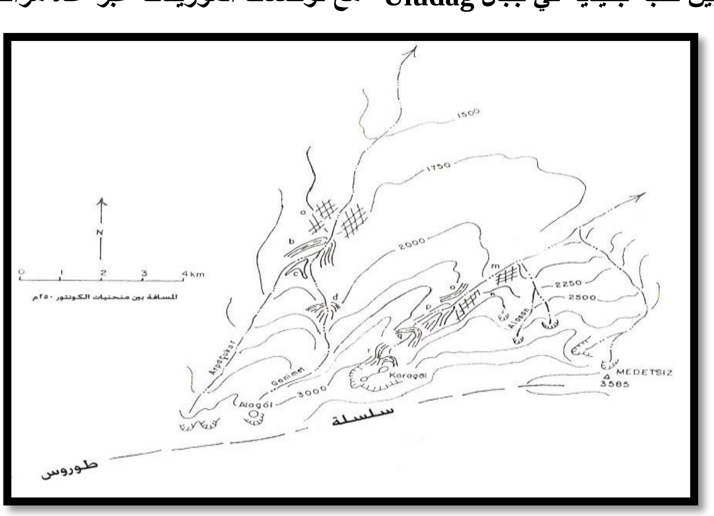
* يعتبر تواجد الحلبات الجليدية دليلاً على مواقع الحدود الثلجية القديمة التي يتحكم المناخ بها، حيث أن متوسط منسوب قاع الحلبة الجليدية يميل أن يكون على نفس مستوى أو أعلى بقليل من مستوى حد الثلج الدائم، بحيث يكون منسوب أدنى أرضية حلبة جليدية في مجموعة من الحلبات المتعاصرة يشير إلى الموقع التقريبي لحد الثلج المحلي ، وبالتالي فإن ارتفاع حدود الثلج الدائم البلايستوسينية يمكن مقارنتها بحدود الثلج الحالية.

ومن خلال تحديد عمر المورينات في المنطقة، تم التعرف على ثلاث مراحل حتية جليدية، الأول (a+b)، كانت في مراحل الفورم المتوسطة ، والثانية (c+d)في الفورم المتأخر، بينما تعود الثالثة (e) إلى فترة ما بعد الفورم (الهولوسين) إلا أنها أقدم من العصر الجليدي الصغير، وربما تعود لحوالي (٧٠٠٠) ألاف عام.

أما (Ajun1984)[1] فقد قام بدراسة تقلبات حد الثلج الدائم في سلسلة جبال طوروس جنوب تركيا ضمن كتلة جبال (Bolkar) ، إذ حدد مستوى حد الثلج الدائم الحالي بمستوى (٣٤٥٠)م كما أن كتل ثلجية معمرة وجدت في حلبات (Alagol) على ارتفاع (٣٣٠٠)م الشكل (٣٢)، بينما توضعت أدنى الحلبات الجليدية المستحاثة على ارتفاع (٢٥٤٣)م وتعود لفترة ذروة الفورم منذ حوالي (٢١ألف عام).




**الشكل (٣١) يبين حلبة جليدية في جبال Uludag مع توضعات المورينات عبر عدة مراحل حت جليدية**



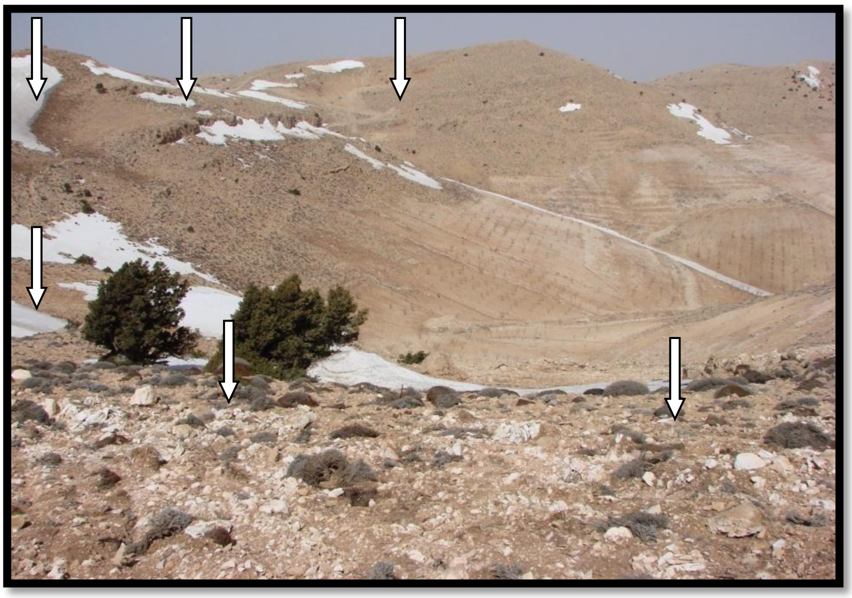

الشكل (٣٢) يبين الحلبات الجليدية المدروسة في جبال Bolkar

---

(1) Ajun.k,(1984), Glaciers of the Middle East and Africa-Glaciers Of Turkey, Geological Survey Professional ,p G17

أما في سورية ولبنان فعلى الرغم من خضوع المنطقة لأكثر من بحث بهدف جمع الأدلة عن وجود نشاط جليدي فيها، فإن معظم هذه الدراسات كانت عبارة عن أبحاث مرتبطة أصلاً بدراسات جيولوجية بحتة، كانت أولى هذه الدراسات مع رايت[١] (١٩٠٧) الذي أشار إلى الأودية الجليدية التي تنحدر حتى أقدام جبال الأرز في لبنان ، كما أكد زوفمان[٢] (١٩٢٦) أن الجبال العالية هناك كانت مغطاة بالجليد إبان فترة الفورم الأخير، أما دوفماس[٣] (١٩٥٤) فقد وقف موقفاً متحفظاً من وجود ظاهرات جليدية في سورية ولبنان وفي عام (١٩٥٨) قام بوتزر[٤] بتحديد خط الثلج الدائم في سورية ولبنان عند سوية ٢٨٠٠م، وأشار إلى أن هذا الخط يهبط حتى حوالي ٢١٠٠م في جبال القوقاز والجبال التركية المطلة على البحر الأسود وعارضه في ذلك كايزر[٥] (١٩٦٥) الذي أوضح أن خط الثلج الدائم هبط في سورية ولبنان حتى ارتفاع ٢١٠٠م، وأشار ميسر لي[٦] (١٩٦٦ - ١٩٧٦)، إلى وجود أدلة على وجود نشاط جليدي في جبل الشيخ، أما عادل عبد السلام[٧] (١٩٦٦) فأكد وجود النشاط الجليدي في كل من جبال لبنان الشرقية وجبل الشيخ وأن حد الثلج الدائم هبط في المنطقة حتى مستوى ٢٣٥٠م في فترة الفورم، ففي أبحاثه عن النشاط الجليدي في جبال لبنان الشرقية، قام بدراسة حلبة جليدية في قمة طلعة موسى يقع

مخرجها على ارتفاع (٢٣٥٠-٢٤٠٠)م، ولها شكل حدوة الحصان باتجاه شمالي شرقي الصورة (٢٢)، تنفتح بعد ذلك على وادي الأعوج الصورة (٢٣)، أما الرتاج فيأخذ شكل ثنية لطيفة الانحدار.



الصورة (٢٢) تبين حدود حلبة جليدية في طلعة موسى

---

[١] Wright,g,f,(1907),Lebanon Glaciers,Bull,Geol,Soc.Amer,Vol18,p637-640

[٢] Zumoffen,B, (1926),Geologie Du Liban,Paris,p165

[٣] Vaumas,E,De,(1954),Le Liban,3 Text, Paris

[٤] Butzer,K,W,(1958),The Near East During The Last Glaciation,Geog,Jour,Vol123,Part3,P367-369

[٥] Kaiser,k,(1965),Extension Des Fenomenes De Glacition Et Perglacition Durant Les Phases Froides Du Quaternaire International Congres,Sero-Libanaises…,p127-148

[٦] Messerli,L,(1966),Le Propleme D Erosion Glaciaire Dans Le Liban Et L Hermon, Zeitschrift Fur Geomorph,P37-69

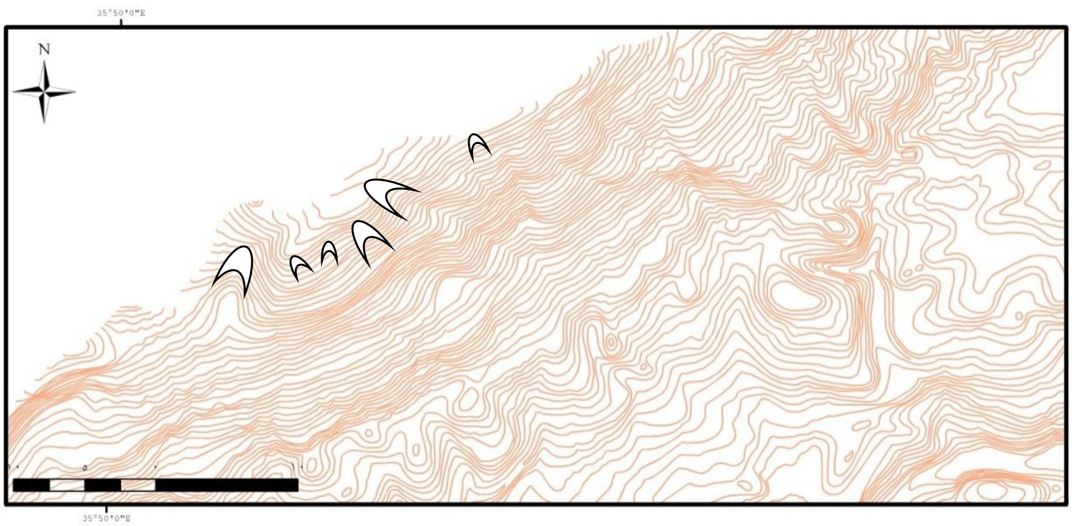
[٧] Abdul Salam,A,(1966),Morphologische Studiem In Der Syrischen Wuste Und Dem Anti-Libanon, Im Dstitute Des Freien Universitat-Berlin,P25



الصورة (٢٣) وادي الأعوج ويأخذ شكل حرف U

أما في جبل الشيخ فمن المحتمل أن الأساس البنيوي لحوضة عرنة قد قولب بتأثير نشاط جليدي يعود لفترة الريس جاعلاً منها حلبة جليدية تمتد بأبعاد (٢× ٩ كم) وتنتهي برتاج يمتد بطول حوالي (٠.٥٦كم) فيما بعد تم خرق هذا الرتاج مكوناً ما يسمى بخانق بحيران.

بالمقابل تتعلق مجموعة من الحلبات الجليدية الصغيرة الحجم في أعالي جبل الشيخ (الحرمون) والموروثة في الغالب عن النشاط الجليدي في ذروة الفورم، و تتوضع على مستويات متقاربة نسبياً الخريطة (٣١)




الخريطة (٣١) مجموعة من الحلبات الجليدية المعلقة في أعالي جبل الشيخ

ترتكز أولى هذه الحلبات ابتداءً من اليسار على ارتفاع حوالي (٢٥٠٠)م وتبلغ أبعادها (٣١٨×١٩٢م) مع رتاج ضيق عند مخرج الحلبة ينحدر بحوالي (٤٥درجة) باتجاه أرض الحلبة ومخرجها، وأهم ما يميز مجموعة الحلبات المدروسة، استنادها على طبقة الحجر الكلسي

البيوضي الذي يشكل أرضية جميع تلك الحلبات، وتتشكل بحيرة صغيرة في أرضية الحلبة المذكورة مع بداية ذوبان الثلوج في شهر أيار، ويشاهد عند التقاء جدار الحلبة مع أرضيتها حدور مهيلات لطيف الانحدار مكون من غرية رمادية اللون ناجمة عن تأثير النشاط الصقيعي على الحجر الكلسي البيوضي، تلي تلك الحلبة حلبتان صغيرتا الحجم تتراوح أبعادهما على التوالي (١٦٩×٦٢م) و (١٢٤×٦٠م)، ويبلغ الارتفاع عند مستوى أرض الحلبتان حوالي (٢٥٥٠)م تنتهيان عند المخرج ببقايا رتاج خرق بتأثير حت الماء الجاري من خلفه، أما الحلبة التي تليهما فراوحت أبعادها (٣٥٩×١٧١م) الصورة (٢٤)، تتوضع على ارتفاع تقريبي يبلغ حوالي (٢٥٥٠)م وفي نهايتها يظهر الرتاج، وقد خرق نتيجة لعمل الماء الجاري.



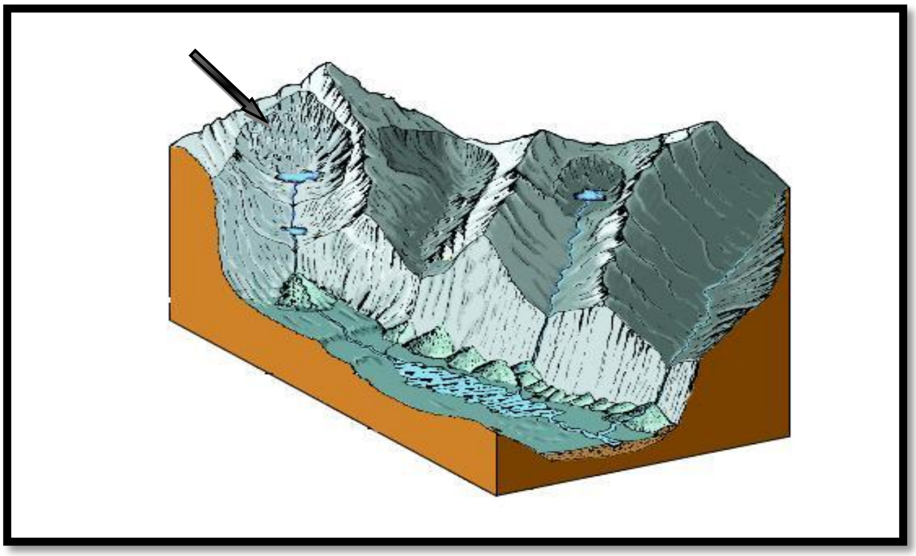
الصورة (٢٤) حلبة جليدية يظهر فيها الرتاج وقد خرق كدليل على تغير المناخ

بعد ذلك تظهر حلبة جليدية تتوضع على ارتفاع (٢٦٥٠) بأبعاد(٢٨٥×١٥٤م) الصورة (٢٥)



الصورة (٢٥) يبين حلبة جليدية مع رتاج كامل لم يخرق

وإلـى جـوار الحلبـة المـذكورة، تتوضـع حلبـة أخـرى علـى ارتفـاع (٢٦٧٠)م بأبعـاد (٢١٦×٩٦م) وأهم ما يميز هاتين الحلبتين، هو تطورهمـا علـى مستويات أعلـى من مستويات الحلبات السابقة يأتيهما مستوى تفريغ مشابه لتفريغ الحلبة ثم رتاج آخر يتفق مستواه مع مستوى أرضية الحلبات السـابقة، وربمـا يعـود ذلك لتطـور هذه الحلبـات فـي حـوض تجمـع سيلي، وفـق النموذج التصوري في الشكل (٣٣)



الشكل (٣٣) يبين تطور الحلبات الجليدية انطلاقاً من أحواض تجمع سيلية

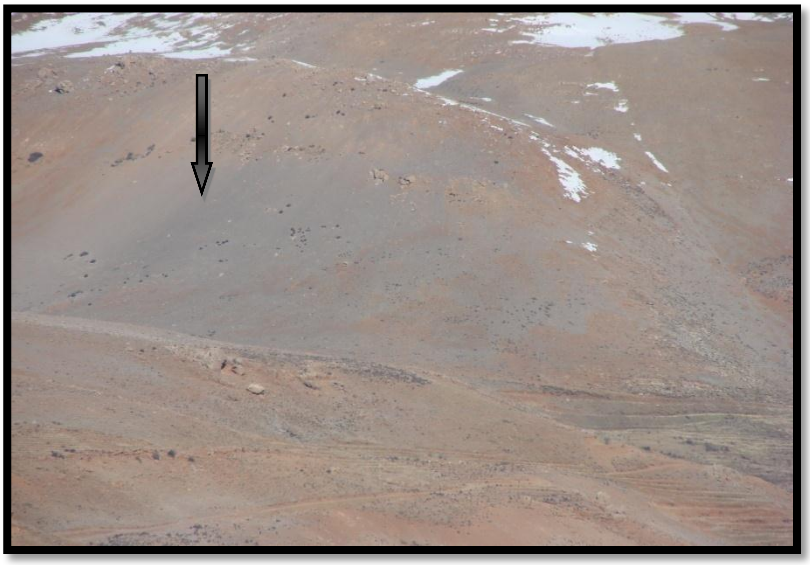
أو يعود ذلك لوجود طبقات صخرية أكثر صلابة، شكلت عائقاً أمام الحت الجليدي، ومن المحتمل أن تطور الحلبة الجليدية الأعلى حصل ضمن نقاط ضعف في جدار حلبـة جليديـة أصل، مما أدى لإعطاء الشكل المدرج المذكور.

إن العـرض السـابق لارتفاعـات الحلبـات الجليديـة، يرينـا أن مسـتوى حـد الـثلج الـدائم انخفض خلال ذروة الفورم في جبل الشيخ حتى ارتفـاع (٢٥٠٠)م وربمـا يعـود ارتفـاع مسـتوى هذا الحد مقارنة بحد الثلج الدائم في طلعة موسى رغم زيـادة كميـة الأمطـار والارتفـاع فـي جبـل الشيخ مقارنـة مع طلعة موسى، نتيجة اتجاه السفوح في كل من الحالتين، ففي طلعة موسـى تنمـو الحلبة باتجاه الشمال على السفح البعيد عن متنـاول أشـعة الشمس، أمـا فـي جبـل الشيخ فقد أدى امتداد محور كتلته باتجاه (شمال شرقي – جنوب غربي) إلى جعل السفح الشـرقي لجبـل الشـيخ في مواجهة الأشعة الشمسية، مما أدى لارتفاع مستوى حد الثلج الدائم. كما أن مقارنـة حد الـثلج الدائم فـي كل من الحلبـات الجليديـة فـي تركيـا وسـوريا، يشـير إلـى توافـق فـي فتـرة تشـكل هـذه الحلبات الذي يعود لفترة ذروة الفورم.

### ٣- الأشكال الصقيعية:

في المناطق الجبلية من العروض المتوسطة، تظهر لدينا أشكال ترتبط بالمناخ أكثر من ارتباطها بالبنية ويطلق عليها الأشكال الصقيعية أو التثلجية أو الحوجليدية (Periglacial)، وتحتاج مثل هذه الأشكال إلى ظروف مناخية خاصة، فهي تحتاج إلى درجات حرارة منخفضة نسبياً تتناوب مع فترات ترتفع فيها الحرارة الفصلية أو اليومية.

إن تبدل حجم الماء أثناء تجمده وذوبانه أو ما يطلق عليه الانجماد (تتالي التجمد والذوبان ) ضمن مسامات الصخر وشقوقه يؤدي إلى تفتيته وتجزئته وعندها نكون أمام ظاهرة التجمند، وتتعلق هذه الظاهرة بطبيعة الصخر، كما تتعلق بحجم الفتات وبنية الصخر الداخلية، فالصخور الكلسية الغنية عادة بالمعادن المتبلورة تتطلب عدد مرات انجماد أكثر بكثير من تلك التي يحتاجها الحوار كي يتفتت معطياً عناصر دقيقة وفتاتاً تتراوح أبعاده بين بضعة ميكرونات وبضعة سنتيمترات[١]، ويشاهد مثل هذا النشاط في جبل الشيخ إذ تتعرض طبقات الصخر الكلسي البيوضي لنشاط التجمند معطية غرية رمادية اللون على ارتفاع حوالي (١٦٥٠)م الصورة (٢٦)



الصورة (٢٦) تبين غرية ناجمة عن تعرض الصخر الكلسي البيوضي للانجماد

كما أن تجلد الماء ضمن مسامات التربة يؤدي إلى تعطل نسبي لمساميتها، مما يؤدي لتحول سطح التربة إلى مستوى كتيم، ولهذا السبب فإنه ومع بداية تفكك الجليد السطحي في الفصل الحار من السنة، فإن ظاهرة الانزلاقات الترابية وقت انفكاك الجليد تدعى بجريان التربة (Solifluction)، وهذا ما يلاحظ حدوثه في التكوينات الكريتاسية السينومانية غرب مدينة عرنة في جبل الشيخ إذ تشاهد انزلاقات قديمة العمر على ارتفاع حوالي (١٧٠٠)م.

ويكون تأثير الانجماد على الجروف الصخرية، تشكل أعراف أو جدران تقطعها سقائف صخرية تتشكل عند تماس طبقة شديدة التأثر بالانجماد، وأخرى قليلة التأثر به ترقد فوقها، فبينما تتعرض الطبقة الشديدة التأثر بالانجماد للتفتت، تظل الطبقة التي فوقها مشرفة فوق التقعر المتشكل الصورة (٢٧)، وتتشكل المهيلات الناتجة، حدور لطيف الانحدار أسفل السقيفة المتشكلة في حال توفر الانحدار المناسب.

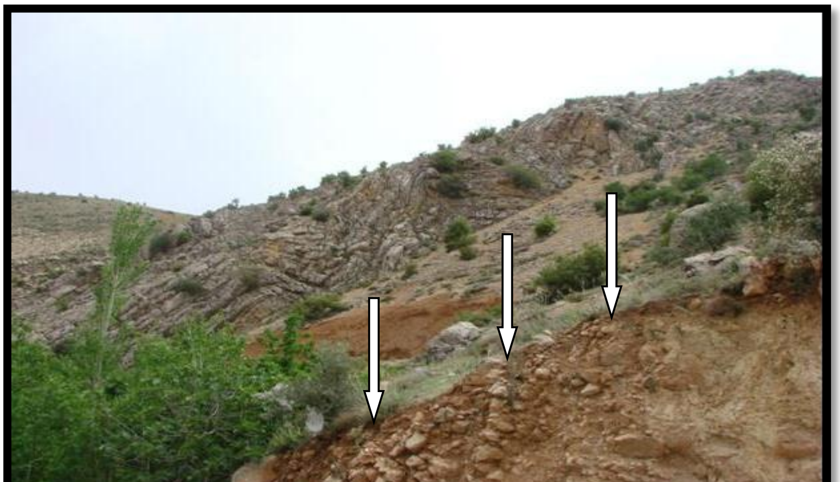
---

[١] محمد فائد حاج حسن،(١٩٩٦)،مرجع سبق ذكره،ص١١٢



الصورة (٢٧) يبين سقيفة متشكلة نتيجة النشاط الصقيعي في جبل الشيخ

كما أن سيادة عملية الانجماد تؤدي لظهور توضعات الغرية والفتات الناجم عن تأثر الصخور الكلسية بالآلية السابقة، وتتظاهر هذه الأنقاض والفتات على شكل توضعات متباينة السماكة على جواب الأودية وعلى سفوح المنحدرات المختلفة، حاملة اسما محلياً يعرف في هضبة كيرسي اسم كاستين (Castine)، وتعد مثل هذه المظاهر دليلاً على التغيرات المناخية التي طرأت على المنطقة، ومثال ذلك ما يشاهد على أطراف وادي نهر بيت جن على ارتفاع حوالي (١١٧٠ )م الصورة (٢٨).



الصورة (٢٨) يبين تتالي توضع الغرية الناعمة ثم الأخشن في وادي بيت جن

مما سبق يمكن استنتاج أن المستوى الذي هبط إليه نطاق التثلج خلال فترة الفورم في منطقة جبل الشيخ بلغ مستوى (١١٠٠)م، في حين أن هذا الحد يبلغ اليوم حوالي (١٦٥٠)م، أي أن سيطرة النشاط الجليدي في قمة جبل الشيخ أدى إلى دفع باقي النطاقات المناخية لمستويات أدنى، في حين أدى اختفاء مجال النشاط الجليدي في الوقت الحاضر إلى سيطرة النشاط الصقيعي مكانه.

## رابعاً- الأشكال الكارستية:

### مقدمة:

إن العلاقة بين صخر ما والمياه التي تتخلله وتتحرك ضمنه، تؤدي لتغيير التركيب الكيميائي لبنية الصخر، عن طريق الأحماض المختلفة وغيرها من المواد ذات التأثير الكيميائي، ويعرف التضريس الكارستي، بأنه كل مظهر تضريسي ناجم عن تحلل وذوبان القاعدة الصخرية التي تحتضن هذا المظهر.

وأصالة التضريس الكارستي، هي في أن القوانين العادية للعمل الحتي تظهر وكأنها مفقودة، فالارتباط المنتظم بين الوديان غير موجود في كثير من الأحيان، كما أن تسلسل المنحدرات المستمرة الهابطة نحو مستوى الأساس منعدم، وكثيراً ما نرى حفراً مغلقة لا يمكن أبداً تعليلها بحت المياه الجارية، ولدراسة هذه الأشكال يجب دراسة مجموعة جديدة من طرق الحت، مع ملاحظة أن القضية ليست تغيرات على تفاصيل التطور العادي للدورة الحتية، بل هو مجال خاص لدراسة التضاريس الكارستية.

## ١- شروط تشكل التضاريس الكارستية:

لنشوء الأشكال الكارستية لابد من توفر مجموعة من الشروط الأساسية :

١- توفر صخر قابل للتحلل والذوبان، كالصخور الكلسية ($CaCo_3$) وهي التي تحتوي على حوالي (٥٠%) من فلز الكالسيت ، والصخر الدولومي ( $CaMg(Co_3)_2$ ) وهي الصخور التي تحوي أكثر من (٩٠%) من فلز الدولوميت، والجبس ($CaSo_42H_2o$)، والانهدريت ($CaSo_4$)، والهيأتيت (NaCl)، والسيأتيفين (KcI)، ويعد الصخر الكلسي من أهم الصخور التي تعطي المظاهر الكارستية، لأن الصخر الدولومي أقل قابلية للتحلل والذوبان، في حين أن صخور أخرى ككلوريدات الصوديوم (NaCl)، تتميز بسرعة تحللها، مما يؤدي لسرعة تخريب المظاهر الكارستية المتشكلة.

٢- يجب أن يكون الصخر القابل للتحلل كثيفاً كثير الفواصل، وهذا يعد من أكثر العوامل المهمة في تطور الكارست، وفي معظم الأحيان يذكر بأن تكوّن الكارست يتطلب بصورة رئيسة وجود حجر كلسي نفوذ مسامي، وفي الواقع فإن النفوذية بمعنى النفوذية الكلية غير ملائمة هنا، أما النفوذية كما تسمح بها الفواصل الكثيرة وسطوح التطبق فهي المناسبة، وفي حال كان الصخر كثير المسام ونفوذ فإن مياه الأمطار سوف ترشح من خلاله وتنتقل من جسم الصخر بأجمعه ، ولعل هذا يعتبر سبباً رئيساً لضعف تطور الكارست في الأقاليم الحوارية.

٣- وجود أودية متعمقة تحت المناطق المرتفعة التي تتركز على صخور قابلة للتحلل ذات فواصل كثيرة، تساعد هذه الحالة على حركة المياه الباطنية حركة سريعة نحو الأسفل ، ويصبح التحلل في الصخور الكلسية مهماً عندما تعمل الصخور كقنوات لحركة المياه الجوفية منها، وتعد دورة المياه الجيدة شرطاً مسبقاً أساسياً فالماء المتحرك يساعد على التحلل، بينما الماء الراكد لا يعمل على ذلك.

٤- يجب أن تكون المنطقة ذات هاطل مطري متوسط على الأقل، ومن المهم أن تتميز جميع الأقاليم الكارستية الشهيرة بكميات جيدة من المطر تراوح بين المعتدلة والكبيرة، لذا فإن الأقاليم الجافة وشبه الجافة لا تظهر تطوراً واضحاً للكارست، وإن أفضل تفسير لمعالم الكارست الموجودة فيها هو أنها معالم قديمة تكونت أثناء فترات مناخية أكثر رطوبة.

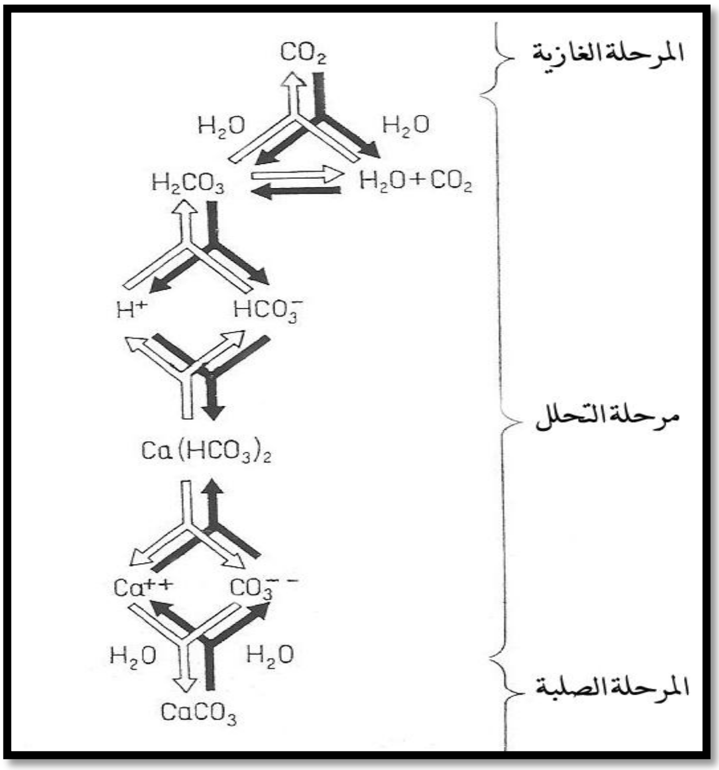
## ٢- آلية التحلل والذوبان:

يمثل التحلل الكارستي الجزء الأكثر أهمية في منظومة العمل الكارستي المكون لأجزاء الشبكة الكارستية، ويعد المحتوى الكربوناتي لمياه الينابيع الكارستية الدليل الأكثر وضوحاً على حصول وسرعة التحلل الكارستي.

يشكل السطح الطبوغرافي نقطة انطلاق نشاط التحلل مطوراً نظاماً خاصاً ينتهي تأثيره في مناطق تفجر مياه الينابيع الكارستية، ويترافق ذلك مع عمليات حت ميكانيكي ناجمة عن الجزيئات الصلبة التي تحملها مياه الينابيع، خاصة في فترات الفيضان إذ تزيد سرعة جريان المياه عبر الشبكة، أما حالات الترسيب فتتظاهر في الأوقات التي يزداد بها محتوى هذه المياه من كربونات الكالسيوم، وبتأثير متغيرات عدة تؤدي إلى ترسيب جزء من حمولتها الكربوناتية.

وتتم عملية التحلل الكارستي وفق الآلية الآتية:

بداية يتفاعل الماء مع ثاني أوكسيد الكربون مشكلاً حمض الكربونيك ($H_2Co_3$)، يأتي ذلك تفاعل الحمض المذكور مع كربونات الكالسيوم مكوناً بيكربونات الكالسيوم ( $Ca(Ho_3)_2$ ) والشكل (٣٤) يبين مراحل التحلل الكارستي.




الشكل (٣٤) يبين مراحل التحلل الكارستي

إن نظام التحلل السابق، يكون عرضة للإزاحة على طول الأسهم البيضاء أو السوداء، متأثرة بشكل رئيس بتغيرات درجة حرارة المياه المحملة بالكربونات، فأي ارتفاع بدرجة الحرارة سيؤدي إلى تفكك بيكربونات الكالسيوم، ومن ثم ستكون المياه مضطرة عندئذ لإطلاق غاز $Co_2$ وترسيب كربونات الكالسيوم.

## ٣-العوامل المتحكمة في سرعة التحلل الكارستي:

١- العلاقة بين درجة الحرارة والضغط الجزئي ل$Co_2$ ، بكمية $Co_2$ المنحل في المياه: فهذه الكمية ترتبط بعلاقة طردية مع درجة الضغط الجزئي ل$Co_2$ ، إذ تزداد قدرة المياه على حل كميات أكبر من $Co_2$ مع زيادة الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الكربون ، بينما ترتبط بعلاقة عكسية مع درجة الحرارة ، فقدرة المياه على حل $Co_2$ تزداد مع انخفاض درجة الحرارة ويبين الجدول (١) طبيعة العلاقة بين المتغيرات الثلاث.

الجدول رقم (١) يبين كمية غاز CO2 المنحل في الماء

| P-CO2 \ ̊C | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|
| O.OOO1 | 0.34 | 0.28 | 0.23 | 0.17 | 0.13 |
| 0.1 | 336 | 280 | 235 | 172 | 131 |

كما ويمكن التعرف على كمية $Co_2$ المنحل في الغلاف الجوي عن طريق القانون الآتي :

$$Co_2(g/l) = L.\ P.\ 1,9634$$

إذ: P= الضغط الجزئي ل ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي

L= قابلية الذوبان بالاعتماد على درجة الحرارة والتي تبلغ كما في الجدول الآتي

الجدول (٢) يبين قيم L بدرجات حرارة مختلفة

| الحرارة | 0 | 5 | 10 | 15 | 17 | 20 | 25 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| L | 1,713 | 1,424 | 1,194 | 1,019 | 0,958 | 0,878 | 0,765 | 0,665 |

إذ نجد أن قيمة L تزداد مع انخفاض درجة الحرارة[١].

٢- الغطاء الترب‍ي: إذ يشكل بما يتيحه من تركز لغاز $Co_2$ في مساماته، ووجود المواد العضوية فرصة للمياه المتوغلة ضمن التربة للتزود بكميات إضافية من الأحماض، كما أن درجة حموضة التربة، تقوم بعمل مهم في زيادة سرعة التحلل الكارستي، فازدياد قيمة الحموضة أي باتجاه قيم Ph من ٧ ⟵ ١ تصبح المياه أكثر عدوانية في مهاجمة الصخور الكلسية.

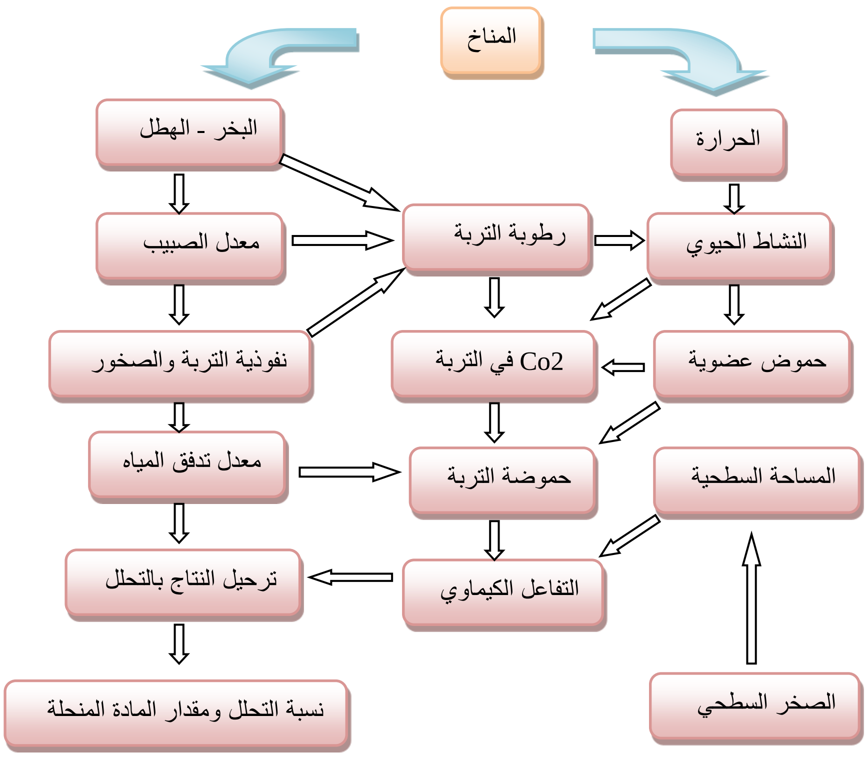
٣- معدل الصبيب: فالتهطال الثلجي أكثر فعالية من التهطال المطري لأن ذلك يتيح سطح تماس أكبر وفترة زمنية أطول في الغلاف الجوي لحل كميات إضافية من $Co_2$، كما أن التسرب البطيء لمياه ذوبان الثلوج يتيح فرصة أكبر للتفاعل بين الماء المحمل بالأحماض والصخر القابل للتحلل والذوبان، كما تقوم حجم قطرات المطر بعمل مماثل فالرذاذ أكثر فعالية من حبات المطر الأكبر حجماً.

٤- نفوذية الصخور: فالمسامية الأكبر تتيح سطح تماس أكبر بين المادة المذيبة والمذابة، إضافة إلى أن تركز $Co_2$ في مسامات الصخور يساعد في تسارع وتيرة التحلل، كما تقوم الكسور والشقوق بأثر مماثل[٢]. ويوضح الشكل (٣٥) العوامل المتحكمة في سرعة التحلل الكارستي.

---

[١] Jakucs.L,(1977),morphogenetics of karst regions ,akademiai kiado ,Budapest,P 30

[٢] Stephen trudgill,(1985), Limestone geomorphology, Longman Group limited,London,p27




الشكل (٣٥) العوامل المتحكمة في سرعة التحلل الكارستي عن Stephe trudgill (1985)

## ٤- سرعة التحلل الكارستي:

يقابل التحلل الكارستي تصدير قسم من الصخر الكلسي عن طريق التحلل أو الحت الميكانيكي، ويعبر عنه بملم/١٠٠٠سنة، وفي بداية القرن العشرين، كان يعتقد أن المظاهر الكارستية تعود فقط لتأثير الهطولات المطرية، الأمر الذي كان يتفق مع مراحل النضج المتقدمة جداً للمظاهر الكارستية في المناطق الخاضعة للطقس المداري، لكن (Corbel 1957) قلب هذه الفكرة بحساب نسب التحلل في المناطق الخاضعة لدرجات حرارة متدنية، ولعبت عندئذ درجات الحرارة دوراً كبيراً في نسب التحلل المدروسة، وفي وقت لاحق بات من الواضح أن درجات الحرارة تلعب دوراً ثانوياً أمام الهطولات المطرية (Gams 1979)، وظهرت العديد من المعادلات التي تعطي نسب التحلل بالاعتماد على الهطولات المطرية (Pulina 1974,Lang 1977).

أما في الوقت الحاضر فقد تم التأكيد على أن العامل الرئيس لعملية التحلل الكارستي، هو تدفق المياه المحملة بثاني أوكسيد الكربون والمنتقلة من خلال النظام الكارستي (Nicod 1975,Bakalowicz 1979,Ford 1985, Maire 1990)، وهو بارامتر معقد يتضمن العديد من التفاعلات بين الهطولات المطرية ودرجة الحرارة.

ويتم قياس التحلل الكارستي بعدة طرق[1] منها:

١- التحلل النوعي (Dissolution Specifique):

وتتمثل بعلاقة Corbel(1957) الآتية:

---

(١) Philippe gombert,(1997) quantification du role des parameters climatiques dans la dissolution karstique, academie des ciences, paris, france, p22

$$X=0.4\times H \times T/ N$$

إذ : H= كمية التهطال السنوية ب ملم

T=معاير قلوية الماء الكارستي

N=نسبة ملامسة الكلس

وقد طور Williams (1963) المعادلة بدمج التدفقات عند المخارج المائية، ومساحة الحوض السفحي، والكثافة الوسطى للكلس، وانتقد Bakalowicz (1979) الطريقة بقوله أن دقة هذه المعطيات قليلة من دون معرفة محددة، ومتابعة منتظمة للتدفقات والتراكيز.

٢- طريقة الرقائق(Methode Des Plaquettes):

إذ تم توزيع(١٥٠٠) رقاقة كلسية عام (١٩٨٢) في كافة أنحاء العالم، من أجل قياس الفاقد من الكتلة الكلسية بالتعريض لعناصر الطقس والتربة، لكن لم يمثل الفاقد سوى (٢-٢٦%) من الانحلال النوعي المتوقع، Gerome-Kupper (1984) لم يتمكن من تفسير سوى (٣٢%) من الفارق الإجمالي، لذا لا يمكن الادعاء بوصف التأثير المناخي على التحلل الكارستي بدقة.

٣- النتيجة الجيوكيميائية (Bilan Geochimique):

تمثل دراسة لكامل الدورة الهيدرولوجية، من كامل المواد المتحللة والمصدرة خارج الكارست، وتلك هي الطريقة الأكثر دقة، لكنها الأصعب تنفيذاً، فعلى مدار عام تطلبت حوالي (٣٦٥)تحليل للماء لدى Bakalowicz (1979)، وبالنسبة ل Blavoux et Mudry (1988) فإن خطوة القياسات يجب أن تكون أسبوعية، ونادراً ما تكون هذه المتابعة ممكنة خاصة في المناطق البعيدة والخاضعة لظروف مناخية قاسية.

ولحساب سرعة التحلل الكارستي، سوف يتم الاعتماد على علاقة Corbel[1] الآتية:

$$V=\frac{4Et}{100}$$

إذ V =سرعة التحلل الكارستي مقدراً بالملم/١٠٠٠سنة

E=معدل التساقط السنوي الصافي دسم

t= المتوسط السنوي للمحتوى الكربوناتي لمياه نبع منبج ملغ/لتر

وسوف يتم اعتماد نتائج التحليل المخبري لمياه نبع منبج عام (٢٠٠٩) الذي أجراه مخبر دائرة البيئة وحماية مياه الشرب في ريف دمشق لمعرفة قيمة t. إذ بلغت قيمة متوسط شوارد الكالسيوم$Ca^{++}$ حوالي (٤٧.٠٩ملغ/ل) وهي تعادل (١١٧.٧ملغ/ل) من كربونات الكالسيوم $CaCo_3$، وبلغ المتوسط السنوي من شوارد المغنيزيوم $Mg^{++}$ حوالي (١١.٣ملغ/ل) وهي تعادل (٣٩.٥ملغ/ل) من كربونات المغنيزيوم، ومن ثم يبلغ المتوسط السنوي من الكربونات (١٥٧.٢ملغ/ل).

ومنه فإن سرعة التحلل الكارستي تبلغ:

V= ٥.٤ ملم /١٠٠٠سنة

أي أن نشاط التحلل الكارستي في المنطقة يزيل طبقة من الصخر الكلسي تعادل سماكتها ٥.٤ ملم كل ١٠٠٠ عام، ولا تتوافق هذه القيمة مع نتائج الدراسات التي أجراها Nicod(1975) في منطقة البحر المتوسط، إذ راوحت القيم بين (١٠ -٣٧ملم)،في حين تقترب من نتائج الدراسة التي قام بها حاج حسن في نبع الفيجة والبالغة (٣,٩ ملم )، ولا يمكن من خلال هذه القيمة تفسير درجة تطور التضاريس الكارستية في المنطقة، مما يعني أن نشوء مثل هذه المظاهر، ارتبط بالفترة الممتدة من نهاية الحقب الجيولوجي الثالث وبداية الحقب الجيولوجي الرابع، ثم سمحت التهطالات المطرية الغزيرة في

---

[1] محمد فائد حاج حسن، (١٩٩٧)، مرجع سبق ذكره ، ص٢٢

الفترات المطرية الرباعية، وانخفاض حد الثلج الدائم الذي سمح ربما بتهطالات ثلجية مهمة بتطوير هذه المظاهر لاحقاً.

## ٥- الآفاق الكارستية:

يمكن تقسيم أي كتلة كلسية سميكة إلى آفاق كارستية عدة نموذجية، ترتبط فيبينها بعلاقة هيدرو- مورفولوجية كالآتي:

١- الأفق السطحي (**Exokarst**)

٢- الأفق الانتقالي (**Epikarst**)

٣- الأفق الباطني (**Endokarst**)

### أ- الأفق السطحي:

ويعد نقطة انطلاق نشاط التحلل الكارستي الذي تمارسه المياه المتوغلة إلى الأعماق، ويتصف بالجفاف بشكل عام، يحتوي هذا الأفق على مجموعة من المظاهر التضريسية المتباينة، التي يعبر بعضها عن مدى تطور النظام الكارستي في المنطقة، بينما لا تتعدى المظاهر الأخرى كونها مجرد انعكاس لصفات المناخ والغطاء النباتي ، وتصنف هذه المظاهر في منطقة الدراسة على النحو الآتي:

#### ١- الخدوش (Lapies):

تتألف من أعداد كبيرة من الأخاديد الصغيرة تفصل بينها أعراف، تتراوح أبعادها بين بضعة ملليمترات، وبضع عشرات السنتيمترات، وتظهر على شكل حقول صغيرة المساحة مرتبطة بصخور الجوراسي العائدة لطابق الكالوفيان بشكل رئيس، والمؤلفة من الصخر الكلسي والكلسي الدولومي.

وقد تم تصنيف الخدوش بالاعتماد على تصنيف Monbaron (1994)[١] على النحو الآتي:

- **خدوش الشقوق:** وتنشط عمليات التحلل في مثل هذه الزمرة على طول الشقوق و الفواصم وأسطح الارتصاف، ويقوم التجمند بعمل مهم في مدى سيطرة نشاط التحلل على طول الشقوق الرأسية و اللصاقات الطبقية، فنشاط عملية الانجماد في المنطقة الواقعة فوق مستوى (١٦٠٠م)، يساعد بشكل كبير على خلخلة الارتصاف الطبقي للصخر الكلسي، مما يوفر سطح تماس أكبر ومن ثم سرعة تحلل أكبر على مستوى مثل هذه السطوح الصورة (٢٩).

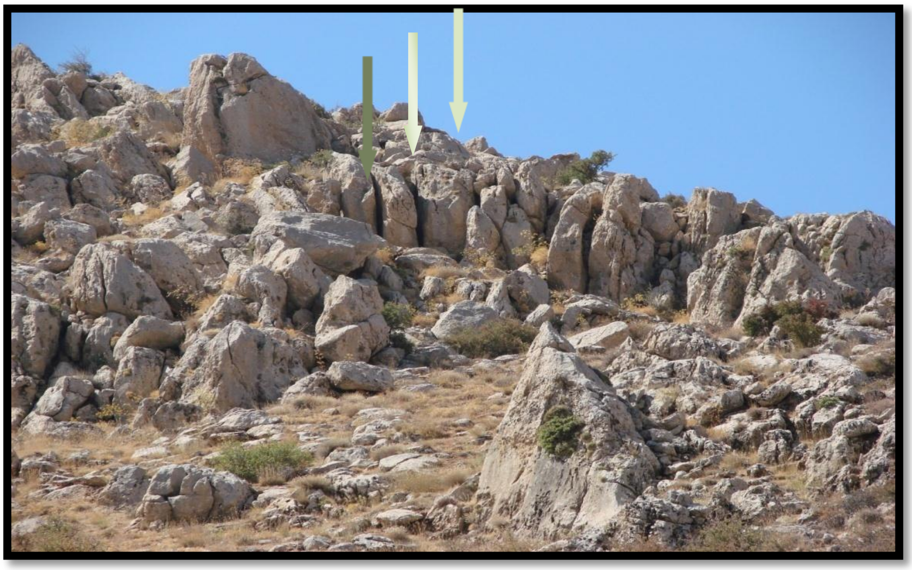
---

[١]Monbaron Michel,(1994) Structures et roches : le processus karstique ,academie des ciences, paris, france, p100



الصورة (٢٩) تبين نشاط التحلل الكارستي على مستوى سطوح الارتصاف (شرقي عرنة)

كما أن حجم واتساع الشقوق تتناسب في أحجامها وأبعادها مع عمق واتساع الشقوق الصخرية فهي تراوح بين (١٨٠سم) وحوالي بضعة سنتيمترات الصورة (٣٠)



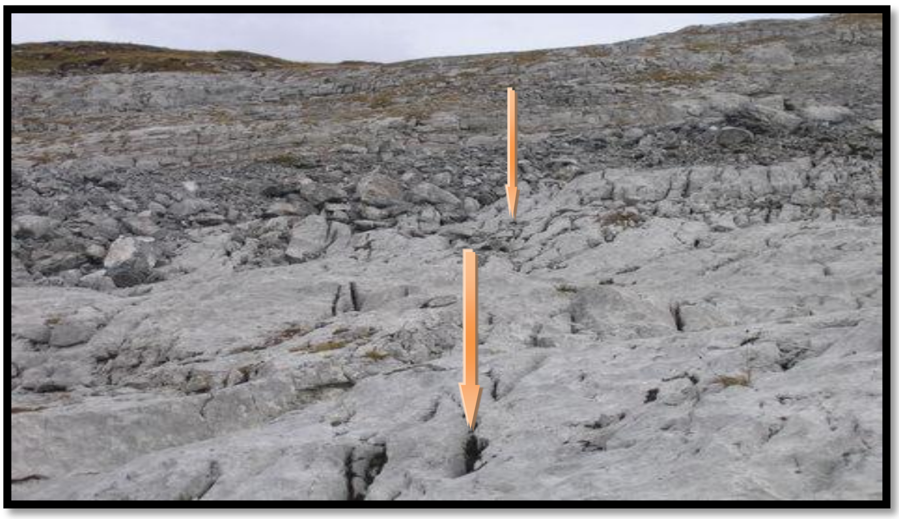
الصورة (٣٠) تبين خدوش الشقوق (شرقي عرنة)

وتجدر الإشارة إلى أن انحدار السطح الذي تنشأ فيه خدوش الشقوق سيؤثر على الانطباق بين الخدوش والشقوق، فالسطح الأفقي يفرض توافقاً كبيراً إلى حد ما، أما في حالة انحدار السطح، فإن التحلل الكارستي سينشط على طول الشقوق الموافقة للانحدار، في حين أنه سيتعطل نسبياً في الشقوق المتقاطعة معها الصورة (٣١) .



الصورة (٣٢) تبين تأثير الانحدار على خدوش الشقوق في كتلة كلسية دولومية (شمال قرية دربل)

- **الخدوش المتعرجة:** وهي عبارة عن أخاديد صغيرة متعمقة في جسم صخر كلسي ضعيف الانحدار، تتعرج فوقه وكأنها أنهار ذات أكواع، تتميز مثل هذه المناطق بكثرة نظم الفواصل الصخرية (Joint Systems) التي تمثل مواضع التحلل المثلى، إذ تؤدي عمليات التحلل إلى تقطيع السطح إلى مجموعة من الكتل المنفصلة التي تعرف باسم (Clints)، وتعرف الشقوق الغائرة باسم (Grifees) في حين يطلق على السطح ككل اسم (Limestone Pavement) الصورة (٣٣)، ويرى البعض أن مثل هذا السطح ربما يكون قد نشأ بداية تحت غطاء نباتي لكنه انكشف حديثاً بعد تعرض المنطقة لظروف أكثر جفافاً.



الصورة (٣٣) تبين خدوش متعرجة على سطح كلسي لم يبلغ بعد مرحلة التقطع

- **خدوش الجدران:** وهي خدوش مستقيمة لا تعرج على امتداداتها، تكثر على صفحات الجروف الكلسية الصورة (٣٤).



الصورة (٣٤) تبين خدوش الجروف على جرف من الصخر الكلسي الكريتاسي (خربة السودا)

- **الخدوش المدورة:** وهي عبارة عن خدوش مستديرة الشكل تقريباً، تتشكل في الكتل الكلسية قليلة الانحدار، وتعد نقاط التقاء الكسور والفصمات من المناطق الفضلى لتطور مثل هذه الأشكال، التي لا تلبث أن تمتلئ بالحطام والتربة و الأشنيات التي تأخذ حينها مهمة توسيع حدودها الصورة (٣٥).



الصورة (٣٥) تبين أحد الخدوش المستديرة بقطر يبلغ (٦٣سم) (شمال شرق دربل)

- **خدوش الكامينيتزا:** وهي إحدى أشكال التحلل السطحية المؤلفة من تجاويف لها شكل الحوض، وتشاهد بكثرة في المناطق المعرضة لنشاط التجمند، الذي يعد كنشاط أولي يهيئ النقاط المناسبة لانطلاق نشاط التحلل الكارستي، ثم لا تلبث الأشنيات فوق التربة المتجمعة في التجاويف المتشكلة أن تمد المياه بكميات من $Co_2$، مما يجعلها أكثر قدرة على توسعة مثل هذه التجاويف، الصورة (٣٦).



الصورة (٣٦) تبين خدوش الكامينيتزا

**٢- الدولينات(Dolines):**

وهي عبارة عن منخفضات تأخذ أشكالاً دائرية أو قريبة منها تبعاً لانحدار السطح، وميل الطبقات الصخرية واتجاهات الكسور والفصمات، وارتبط تواجدها في منطقة الدراسة بصخور الجوراسي والكريتاسي، ففي شمال غرب عرنة وضمن الطبقات الصخرية الأفقية الدولومية العائد للباجوسي الأدنى، وإذ تتواجد الكسور الأكثر أهمية ترتصف ثلاث دولينات تحلل، بمحور شمالي غربي- جنوبي شرقي الصورة (٣٧)، ويتبين من خلال هذه الدولينات أثر العامل البنائي في تشكلها، فالكسر الشمالي الغربي الأكثر أهمية أدى لتوضع الدولينات بالاتجاه المذكور، بينما أدت كسور ثانوية مستعرضة عملاً مهماً في التطور الطولاني للدولينات.



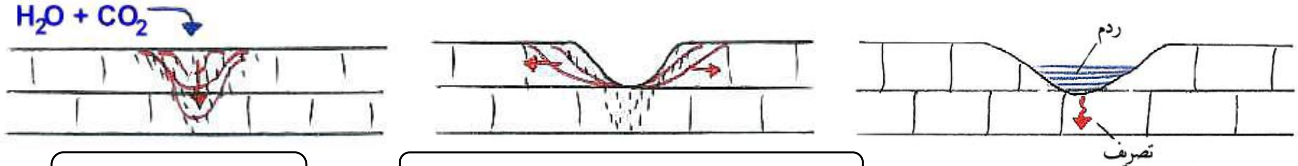

الصورة (٣٧) تبين ثلاث دولينات في جبل الشيخ

وتتواجد مجموعة أخرى من الدولينات شمال غرب قلعة جندل في كتلة الصخور الكلسية العائدة للطابق الكالوفي ضمن بولييه المرج بمحور شرقي غربي، الصورة (٣٨).




الصورة (٣٨) تبين أحد الدولينات في بوليبه المرج

وتتطور الدولينات (٤،٥،٦) في المنطقة المذكورة وفق نمط الخفس والناجم عن تضافر عمليات التحلل على طول اللصاقات الطبقية والثقل الذي تمارسه المجروفات السيأتية على السطح، إضافة لتأثير نشاط التجمند الذي يبدو أنه وفي جميع نماذج الدولينات المذكورة يؤدي عملاً مهماً في عملية تطور أبعادها وفق النموذج في الشكل (٥٣):




الشكل (٣٦) يبين مراحل تطور الدولينات في منطقة الدراسة

ووفق نفس نموذج التطور السابق يظهر دولين آخر في أعلى حويضة الجناني هو الأكبر أبعاداً بين دولينات منطقة الدراسة، ويتطور الدولين (٧) في كتلة من الصخر الكلسي العائد للباتوني الغني بالتخلعات البنائية الصورة (٣٩).



الصورة (٣٩) تبين دولين تحلل في أعالي حويضة الجناني

كما يلعب ميل الطبقات الصخرية عملاً مهماً في نمط تطور الدولينات، و يظهر ذلك في نموذج تطور أحد الدولينات (٨) شرقي بيت جن كما يبين الصورة (٤٠)، ويبين الجدول (٣) بعض القياسات للدولينات المدروسة في منطقة الدراسة.



الصورة (٤٠) تبين أثر ميل الطبقات على تطور الدولينات (بيت جن)

| الدولين | القطر الصغير/م | القطر الكبير/م | متوسط القطر/م | العمق/م | التضرس* |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ٠.٨٤ | ١.٢٦ | ١.٠٥ | ٠.٧٣ | ٠.٦٩ |
| ٢ | ٠.٩٦ | ١.٧٦ | ١.٣٦ | ٠.٦٨ | ٠.٥ |
| ٣ | ٠.٥٤ | ٠.٨٣ | ٠.٦٨ | ٠.٥٣ | ٠.٧٧ |
| ٤ | ٦ | ١٣ | ٩.٥ | ١.٥ | ٠.١٥ |
| ٥ | ١٢ | ١٣ | ١٢.٥ | ٢ | ٠.١٦ |
| ٦ | ٦ | ٨ | ٧ | ١ | ٠.١٤ |
| ٧ | ١٩ | ٢٤ | ٢١.٥ | ١٣ | ٠.٦ |

الجدول (٣)

* يحسب هذا المعامل من خلال قسمة عمق الدولين على متوسط قطره، ويستخدم في المقارنة بين أعمار الدولينات فبزيادة قيمة المعامل يزداد عمر الدولين، كذلك يستخدم للتمييز بين دولينات التحلل والانهيار حسب منحنى كولمان وبولشين.إلا أن الباحث يجد أن هذا المعامل يهمل العديد من المتغيرات فحتى ضمن نموذج التحلل تتواجد دولينات التحلل(Dissolution) ودولينات الجريان السفلي (Suffosion) ودولينات الخفس (Subsidence) إضافة لتصنيف الدولينات حسب مدى تناظرها Symetrie إلى دولينات متناظرة (Symetrique) ودولينات غير متناظرة (Asymetrique) ودولينات بنيوية غير متناظرة (Structurelle Asymetrique) ولكل منها أبعادها الخاصة المتعلقة بأساس منشأها ولا يجوز المقارنة بين أعمارها على أساس المعامل السابق.

**٣- البولييات (Polje):**

تعرف البولييات على أنها خفوس بنائية – بنيوية تعرضت لأعمال التحلل الكارستي الآتية لعملية الخفس، ويعد بولييه المرج شمالي شرقي كتلة جبل الشيخ مثالاً على البولييات المتشكلة على طول فالق سرغايا، فهو يعد بوليياً ذو أصل صدعي انهدامي تغطي أرضه توضعات ترجع إلى الرباعي الحديث، مما يدل على أن البولييه المذكور قد اتخذ وضعه النهائي كحوضة تجمع سيلية في الرباعي الأدنى، وهذا يتفق مع الدراسة التي أجراها معهد لينغبرفودخوذ التي أشار فيها إلى ارتباط مجموعة الأغوار البنائية في جبل الشيخ بظهور الحركات الشاقولية في الفوالق الكبيرة (فالق سرغايا) التي تعود أعمارها إلى النيوجين والرباعي[1]

ويمكن تقسيم البولييه إلى الوحدات الآتية:

**١- مركز البولييه**

ويمثل أخفض نقاط البولييه، ويقع في مركزه وباتجاه الشرق، و يشكل منحنى الكونتور ١٥٣٠م حدود هذه المنطقة وتبلغ أدنى قيم للارتفاع حوالي ١٥٢٨ م وهي مغطاة بالتربة الحمراء (التيراروسا) المنقولة من السفوح المجاورة ومن مخلفات عمليات التحلل التي أصابت الصخر الكلسي الأم، بالمقابل فإننا لا نجد أي أثر للصخر الأم في الجزء المركزي للسهل، و تنحدر أرض هذا الجزء باتجاه الطرف الشرقي بلطف وبدرجة لا تتجاوز (٠.٥) درجة.

**هوامش البولييه**

وهي المساحة المحصورة بين منحنيي الكونتور (١٥٣٠ )م و(١٥٦٠)م، ويبلغ أقصى اتساع له في الغرب والشمال ويشكل حوالي (٦٠%) من مساحة المرج.

تتباين درجة انحدار هذا القسم من البولييه، فهو يتدرج بلطف غرباً من حوالي(٣٠)ْ حتى مركز البولييه، أما من جهة الشمال الغربي والجنوب، فالانحدارات شديدة وتتخطى (٦٠) ْ ويرجع سبب شدة انحدار هذه الجوانب إلى تأثير فالق سرغايا وارتداداته من جهة الشمال الشرقي والذي ينشق عنه فرع ليطال الأطراف الشمالية الغربية، في حين يتابع الفالق الرئيس طريقه باتجاه الجنوب الغربي، ويطال الأطراف الشرقية والجنوبية الشرقية ، وبالعموم فإن الانحدارات تنحى منحاً عاماً للتناقص باتجاه الشرق.

**٢- مخارج البولييه**

يمتلك بولييه المرج مخرجاً واحداً ينفتح مصرفاً مياهه باتجاه مخروط الأنقاض الضخم لجبل الشيخ، وطابعاً سطحه بشبكة مائية ذات دلالات مهمة تعكس تغيرات بنيوية بالغة الأهمية في التاريخ الجيولوجي للمنطقة. فالدراسات الروسية (Leonov 1989) تشير إلى امتداد محتمل لفالق دمشق أسفل مخروط أنقاض سهل قطنا ، وتشير الدراسة الميدانية إلى أن لهذا الفالق يعود السبب الرئيس في انفتاح التصريف الخارجي للبولييه وذلك بالاستناد إلى تطابق أحد الأودية المهجورة المرسوم على مخروط الأنقاض والمتطابق مع محور امتداد هذا الفالق ، هذا كله قبل أن يضرب أحد الكسور العرضية المرافقة لفالق سرغايا مخرج البولييه مرة أخرى محولاً تصريف البولييه باتجاه آخر.

يبلغ اتساع هذه الفتحة نحو ( ٠.٢٩ )كم، وترتفع عن أرض السهل بشكل تدريجي لتصل أعلى ارتفاع لها عند مستوى (١٥٣٨) م، أي بفارق حوالي( ١٠ ) م عن أدنى مستوى لأرض البولييه الصورة (٤١).

ينحدر السطح بعد ذلك بلطف وبحوالي (٤ درجة) ولمسافة لا تتجاوز (٠.٧١)كم، ليأخذ بعدها الانحدار شكل سقطة بدرجة تتجاوز (٤٥ْ).

---

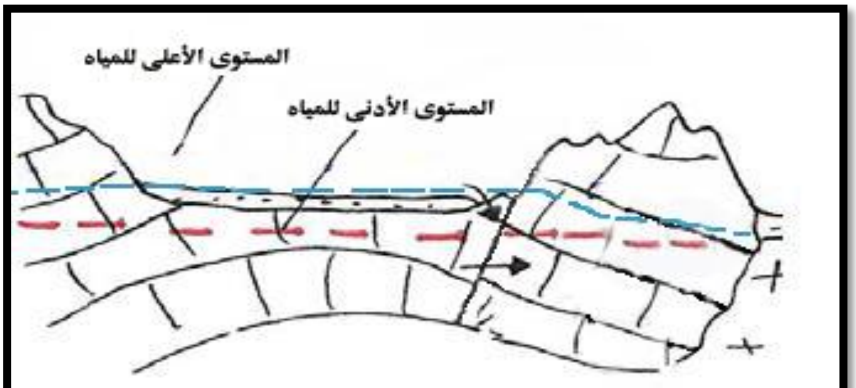
[1] معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مشروع الحرمون، وزارة الري، دمشق ، ص ٤٧

إن الدراسة الميدانية لم تظهر وجود بقايا لبحيرة بلايستوسينية، وهذا يعد دليلاً آخر على أن هذه الفتحة كانت تعد مصرفاً للمياه المتجمعة خلال الفترات المطيرة البلايستوسينية، وأن الوضع الحالي ارتسم بعد تغير الظروف المناخية خلال الهولوسين، إذ عملت المسيلات المائية بما تحمله من أنقاض على سد فتحة البولييه الوحيدة.



الصـــورة (٤١) يبـــين بولييـــه المـــرج مـــع

وفي ظل الظروف المناخية الحالية، فإن السهل غير قادر على تصريف مياهه إلا عن طريق شبكة التصريف الجوفية، إذ تعمل حوالي ثلاث دولينات تحلل صغيرة لا يتجاوز وسطي قطرها (١٢)م وعمقها (١.٥)م على تصريف فائض المياه الشكل (٣٧).

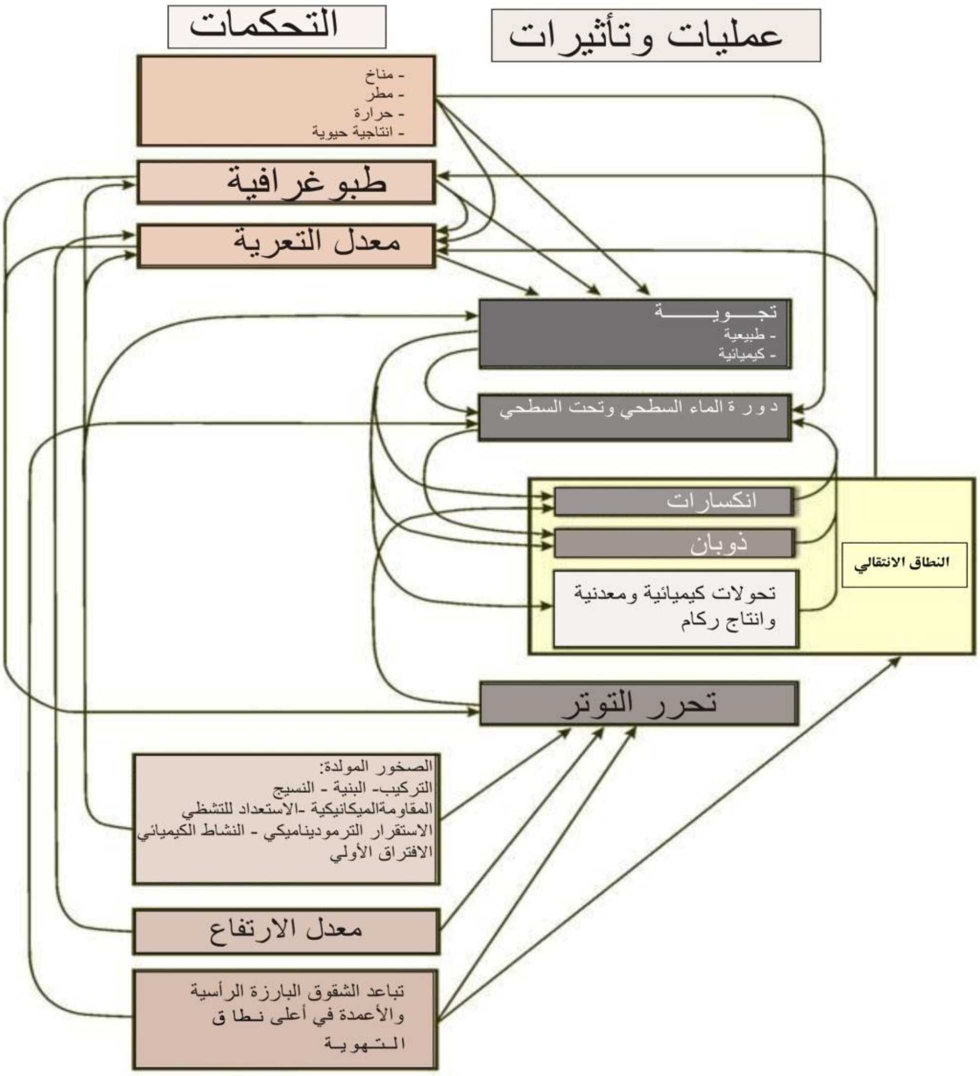



الشكل (٣٧) يبين نموذج لحركة المياه ضمن بولييه المرج

**ب- الأفق الانتقالي :**

وهو القطاع المحصور بين الأفق السطحي والأفق الباطني، وتختلف أهميته تبعاً لسماكة الصخر الكلسي ووضعية مستوى الأساس الكارستي وعمقه وكثافة الفواصم

والشقوق والكسور[1]، إذ تقوم مجموعة من العوامل بالتأثير على مدى تطور هذا الأفق، ومن ثم باقي الآفاق الكارستية الشكل (٣٨)، فالانحدارات الشديدة التي تتصف بها سفوح جبل الشيخ لا تسمح لكميات كبيرة من المياه بالتوغل للأعماق، كما أن تتالي طبقات ذات صفات ليتولوجية متباينة، وبالتضافر مع ميول الطبقات (حوالي ٣٠ درجة باتجاه الغرب)، ساعد على عرقلة حركة المياه باتجاه الأعماق، وتعد طبقة البازلت العائدة للجوراسي الأوسط التي يتفجر على مستواها حوالي (٩٠%) من ينابيع حوضة عرنة إحدى أبرز هذه الطبقات التي تمثل الطبقة الكتيمة (مستوى الأساس الكارستي) للكتلة الكلسية التي تعلوها .

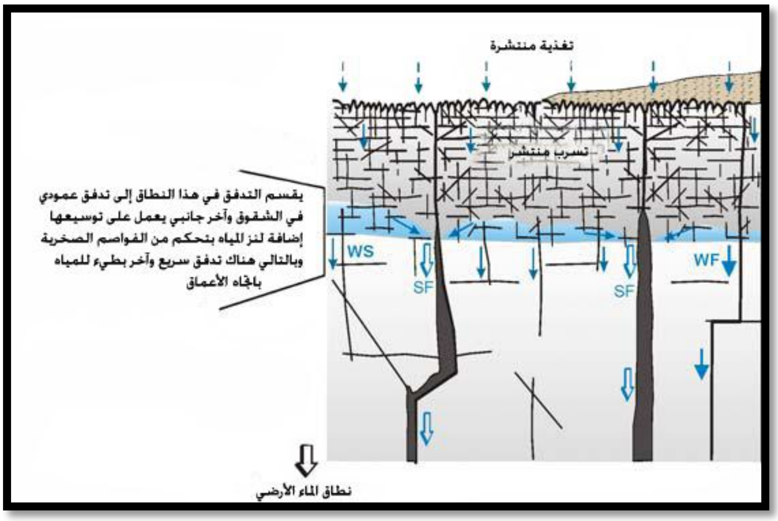



الشكل (٣٨) العوامل المؤثرة في تطور النطاق الانتقالي عن klimchouk (2004)

---

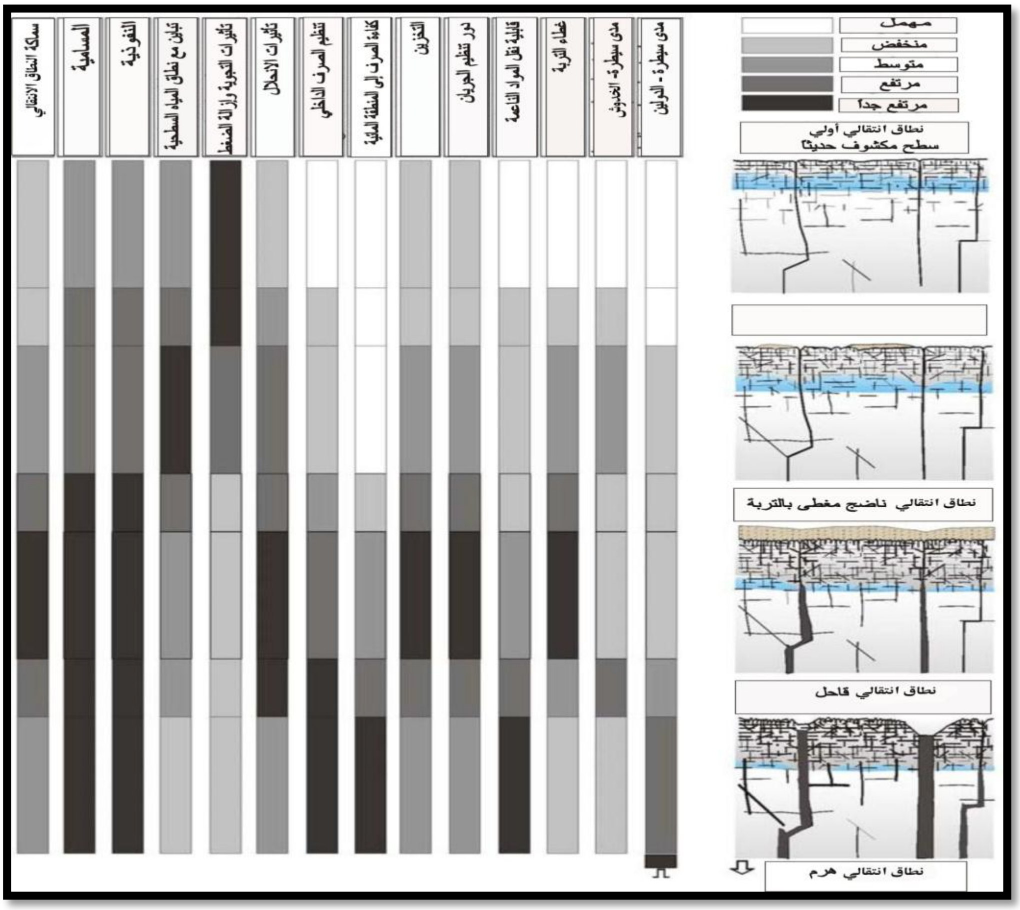
[1] محمد فائد حاج حسن،(١٩٩٨)،النظم الهيدرولوجية الكارستية ونماذج العلاقة بين شبكات الأودية السطحية الجافة وبين المجاري الكارستية الباطنية، المجلة الجغرافية الكويتية، الكويت،ص١٠

يضاف إلى ذلك أن ميول الطبقات المذكورة ينشط الحركة الجانبية للمياه ويقلل من كمية المياه المخزنة في المنطقة الفاصلة بين الأفق السطحي والانتقالي، مما يضعف حركة المياه في نطاق النز الشكل (٣٩) وينشط الحركة السريعة للمياه على حساب الحركة البطيئة.




الشكل (٣٩) يبين حركة المياه في النطاق الأفقي في حالة الطبقات الأفقية

إن تضافر العوامل السابقة شكل عائقاً أمام تطور الأشكال الكارستية في جبل الشيخ، وانعكس بشكل واضح من خلال قلة عدد الدولينات في المنطقة ، فهي تعد الشكل الأساسي الخاص بالكارست فقط، و تدل على أن التحلل قد بدأ يسري في الأعماق الشكل (٤٠).



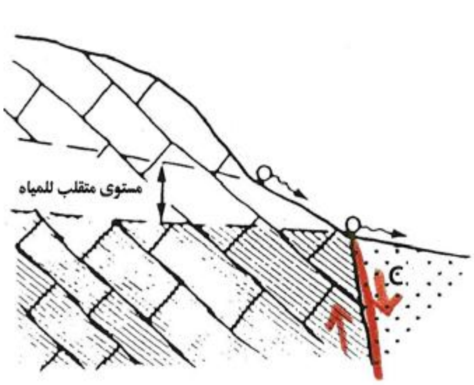

الشكل (٤٠) يبين مراحل تطور الأفق الانتقالي وعلاقته بتطور الأفق السطحي

**ج- الأفق الباطني:**

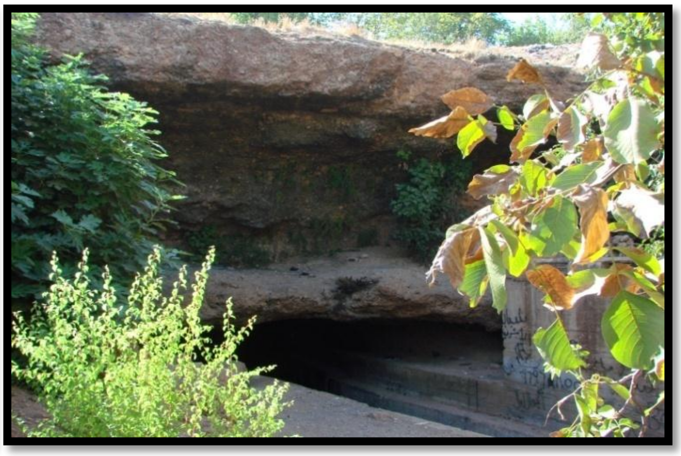
وهو الأفق الذي يتضمن الأقنية والممرات المائية والكهوف، إذ يعد الخزان المائي الكارستي الرئيس وتنبجس مياهه على شكل ينابيع على حدود منطقة التماس بين هذا الأفق والطبقة الكتيمة، ويمكن هنا تقسيم مجموعة ينابيع جبل الشيخ إلى مجموعتين، الأولى تتواجد في حوضة عرنة، إذ تشكل طبقة مسكوبة الصخر البازلتي العائدة للجوراسي الأوسط مستوى الأساس الكارستي لطبقات من الصخر الكلسي الجوراسي الأحدث، أما المجموعة الثانية فتتواجد في حويضة الجناني، فيما يسمى باسم ينابيع بيت جن الصورة (٤١)، إذ أدت الحركات



الصورة (٤١)
ينابيع بيت جن



التكتونية لهبوط طبقات الصخر الكلسي الكريتاسي التي تعلو الصخر الكلسي الجوراسي، مما سمح بتوضع صخور الألبيان المارنية الكتيمة على تماس مع الصخور الكلسية الجوراسية سامحة بتدفق جزء من مياه الخزان المائي الكارستي الجوراسي (ينابيع بيت جن)، في حين يبدو أن قسم آخر من مياه الخزان نفسه تتابع طريقها أسفل الطبقات الكتيمة المذكورة لتعود وتتفجر من جديد على أطراف وعرة زاكية البركانية في ينابيع المقروصة ومنبج الصورة (٤٣).



نبع منبج



مياه نبع المقروصة

الصورة (٤٣)

## الخريطة الجيومورفولوجية

تحتوي الخريطة الجيومورفولوجية معلومات عن الصخور والمواد السطحية والعمليات الجيومورفولوجية، بالإضافة إلى الحالة البنيوية للمنطقة، وتُعد بذلك من أهم نتائج وأدوات التحليل الجيومورفولوجي، وتعتمد دقة هذه الخرائط على الهدف من إعدادها، ومساحة منطقة الدراسة، وتدل الجوانب المورفو- ديناميكية التي تظهرها الخرائط الجيومورووفولوجية، نوع العمليات الجيومورفولوجية القديمة والحديثة.

وقد وضع Savigeor (1955) عدة أسس لا بد من أخذها بعين الاعتبار لدى إعداد أي خريطة جيومورفولوجية، وهي:

١- تحديد أشكال سطح الأرض وتسجيلها (ميدانياً ومن الخرائط والصور الجوية).

٢- تحديد نوع وحجم الخطوط والرموز المستخدمة لترميز الأشكال والعمليات الجيومورفولوجية.

وصنفت أشكال سطح الأرض وفق اسباب نشأتها وتطورها إلى ثلاث فئات:

أ- الأشكال المورفوبنيوية: وتضم مجموعة من الجروف الصدعية والعديد من الفوالق والكسور الرئيسية، حيث تتميز الأشكال البنيوية في المنطقة بالتعقيد الذي يمثل انعكاساً للوضع البنائي النشط الذي مرت به منطقة الدراسة.

ب- الأشكال الناجمة عن عمل المياه الجارية: كالمجاري المائية السيلية وكالأكواع والمصاطب النهرية، والأشكال الناجمة عن عمليات الترسيب النهري كالمراوح الفيضية.

ت- الأشكال الجليدية والصقيعية: وضمت مجموعة الحلبات الجليدية في أعالي قمة جبل الشيخ، إضافة إلى توضعات الغرية في جبل الشيخ والكاستين على أطراف وادي بيت جن الناجمة عن النشاط الصقيعي.

ث- الأشكال الناجمة عن نشاط التحلل والذوبان: وضمت مجموعة الخدوش الكارستية بأنواعها المدروسة في المنطقة إضافة لمجموعة من الدولينات وبولييه المرج في جبل الشيخ وتم تحديد مجموعة من الينابيع الكارستية.

## الخاتمـة

تمت دراسة حوض نهر الأعوج وبعضاً من حويضاته. من خلال تحديد أهم العوامل Factors والعمليات Processes والمتغيرات variables المسؤولة عن نشوء وتطور هذه النظم وما ينتج عنها من أشكال أرضية، ولذلك كان لا بد من دراسة العلاقات القائمة بين العناصر المكانية المكّونة للمركب الجيومورفولوجي لمنطقة الدراسة.

ويمكن تحديد النتائج التي خلصت إليها الدراسة على النحو الآتي:

١- تسيطر الصخور الكلسية في الجزء الغربي من الحوض في كتلة جبل الشيخ، وتسيطر الصخور البازلتية الصلبة في الجزء الجنوبي منه، والصخور البازلتية الميوسينية الأقل صلابة في كتلة الجبال البنيوية في وسط الحوض، في حين تسيطر توضعات الكونغلوميرات في المنخفضات وأقدام الجبال.

٢- تتميز المنطقة عموماً من الناحية التكتونية بكونها تقع على السفح الشمالي للركيزة العربية في حدود نطاق الطيات التدمرية ومنخفض جبل العرب، وأظهرت الدراسة الميدانية بعض المظاهر البنيوية التي تدل على تعرض الجزء الغربي من منطقة الدراسة لنشاط تكتوني عنيف، ومنها الميول الشديدة لطبقات الكريتاسي في منطقة بيت جن، كما تم تحديد الاتجاهات العامة للصدوع وهي الشمال الغربي – الجنوب الشرقي.

٣- يدل العمود الجيولوجي لمنطقة الدراسة على أنها مرت بعدة مراحل مختلفة في خصائصها وأحداثها الجيولوجية، وقد تنوعت بيئات الترسيب بين بيئات البحر العميق والبيئات الشاطئية، كما شهدت نشاطاً تكتونياً ونشوء أنظمة تصريف مائي في الزمن الرابع خلّفت وراءها آثاراً واضحة تمثلت بالمصاطب النهرية التي تدل على مدى تأثر المنطقة بالتغيرات المناخية الرباعية من جهة، وتطور أنظمة الحت والتصريف المائي من جهة أخرى.

٤- تتميز المنطقة بتعقيد في مظاهرها التضاريسية، وذلك انعكاساً لوضعها وتاريخها الجيولوجي والمناخي، إذ بلغ ارتفاع أعلى أجزائها /٢٨١٤/ متراً فوق مستوى سطح البحر في غرب الحوض عند قمة جبل الشيخ ، وأدناها /٦٠٠/ متراً في منطقة حدود منخفض الهيجانة، وبلغت قيمة تضرسه (٣٠.١٦ متر/ كم٢)، في حين شكّلت نسبة مساحة الأراضي ذات الانحدار الخفيف الذي تراوح قيمة زواياه بين (٠. -٢ْ) حوالي (٦١.٣٣%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، إلا أن أهم ما يميز الحوض هو التفاوت الكبير في الارتفاع بين الجزء الغربي منه وبقية الحوض، إذ يتناقص الارتفاع حوالي (١٣٥٠م ) بمسافة لا تتجاوز (١٠ كم ).

٥- يسيطر على الجزء الغربي من منطقة الدراسة المناخ شبه الرطب، بينما يسيطر على الجزء الأوسط منه المناخ شبه الجاف، إذ يتميز بفروقات كبيرة بين درجات الحرارة وقلة كميات الأمطار وارتفاع قيم البخر/ النتح، ويسيطر على الجزء الشرقي المناخ

الجاف، وقد تم تحديد الفترات التي شهدت زيادة في نشاط العمليات الجيومورفولوجية المرتبط بكل عنصر من عناصر المناخ كالتجوية الفيزيائية المرتبطة بالفارق الكبير بين درجات الحرارة ، والحت المائي بكميات الأمطار، والحت الجليدي المستدل عليه من خلال تشكل الحلبات الجليدية.

٦- يسود الشكل الأقرب إلى المستطيل بين أشكال أحواض التصريف المائي وذلك بدلالة المعادلات المورفومترية، وقد تم إجراء تقييم لنتائج استخدام المعاملات المورفومترية الخاصة بتحديد أشكال أحواض التصريف المائي، ذلك فيه ضوء ما دلت عليه الملاحظات البصرية ومقارنة نتائج تطبيق هذه المعاملات المختلفة بعضها البعض، مع تفسير أسباب عدم التوافق بين النتائج.

٧- تم دراسة ستة خواص من خصائص شبكات المجاري المائية وهي: أعداد المجاري المائية التي بلغت (٥٣٤٩) مجري مائي، ويقع معظمها في الجزء الغربي من الحوض، وراوحت نسبة التشعب Bifureation Ratio بين (٩,٢٩ – ٤,٣)، أما مجموع أطوال المجاري المائية في حويضات التصريف المائي فقد بلغ (٢٥٢٦)كم، أما كثافة التصريف Darainage Density فقد راوحت قيمها بين (٧,٣٤- ٢,١٧)كم/كم٢، وراوحت نسبة النسيج Texture Ratio الطبوغرافي بين (١٩,٤- ٧,٧)مجرى/ كم مما يعني أحواض التصريف المائي في منطقة الدراسة تندرج تحت فئة الأحواض ذات النسيج الطبوغرافي الناعم، وذلك حسب تصنيف small 1978.

٨- لوحظ أن معظم المعادلات المستخدمة في الدراسات المورفومترية Morphometric الخاصة بأحواض التصريف المائي، تتميز بالقصور وعدم شموليتها لمجمل العوامل والمتغيرات التي تتحكم في خصائص شبكات التصريف المائي، وقد تم نقد هذه المعادلات وتحديد أوجه القصور فيها.

٩- تعد الفئة (٠-٢ْ) هي الفئة المنوالية في زوايا القطاعات المرسومة من الخرائط الطبوغرافية، وشذ عن ذلك الفئات المدروسة في كتلة جبل خاشين.

١٠- تم تصنيف أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة التي تبينهما الخارطة الجيومورفولوجية إلى الآتي:

أ- السفوح: إذ تم تناول دراسة (٢٤) قطاعاً عن طريق تحليل هذه القطاعات وتصنيفها وأسلوب تطورها

ب- أشكال الحت النهري: وضمت المجاري المائية والقطاعات الطولية للمجاري المائية، والمصاطب والأكواع النهرية.

ج- أشكال التعرية الجليدية والصقيعية: وتضمنت دراسة الحلبات الجليدية، وبعض الأشكال المرتبطة بالنشاط الصقيعي، ومحاولة تحديد الحدود التي طالها تأثير هذين النشاطين.

د- التحلل الكارستي: وتضمن الخدوش الكارستية، والدولينات، والبولييات، والينابيع الكارستية.

**المقترحات**

- ضرورة إجراء دراسات متكاملة حول تقييم الموارد الطبيعية للمنطقة ومشكلاتها، باعتبار المنطقة آهلة بالسكان، وتشكل المصدر الرئيس الثاني للمياه في حوضة دمشق التي تشكل أكبر مركز تجمع سكاني في المنطقة.
- ضرورة إنشاء مراكز قياس مخبرية للمياه الجوفية والتربة، وإجراء قياسات دورية لمدى تلوثهما خاصة من مياه الصرف الصحي والأسمدة.
- ضرورة إنشاء محطات رصد جوية وهيدرولوجية في مناطق متعددة من منطقة البحث، إذ تفتقر المنطقة لمثل هذه المحطات، وانعكس ذلك بعدم توفر بيانات حول بعض العناصر المناخية كالرطوبة والبخر والرياح خاصة في منطقة جبل الشيخ.
- أن استخدام السفوح الجبلية للزراعة يستدعي القيام بدراسات حقلية حول خصائص هذه السفوح، وتحديد طبيعة المواد السطحية ومعدلات حركتها والحد من مخاطر انجراف التربة في المنطقة الجبلية.
- إلقاء الضوء على المنطقة من الناحية السياحية، فهي لاتزال من المناطق المهملة سياحياً رغم امتلاكها العديد من المقومات السياحية التي تتفرد بها عن باقي المناطق في سورية.

**المراجع العربية:**


١- أحمد سالم صالح ، (١٩٩٩)، السيول في الصحارى، منشورات دار الكتاب الحديث، القاهرة.
٢- آرثر ستريهلر، (١٩٩٧)،الجغرافيا الطبيعية،ترجمة محمد السيد غلاب، مكتبة الإشعاع الفنية، الإسكندرية.
٣- أمين طربوش، فاتنة الشعال، ٢٠٠٧، الجيولوجيا العامة للجغرافيين، جامعة دمشق، دمشق.
٤- ج. بولان، (١٩٨١)، مبادئ الجيولوجيا الطبقية، مطبعة طربين، دمشق.
٥- حسن سلامة،(١٩٨٠)، الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، الجمعية الجغرافية الكويتية.
٦- عادل عبد السلام،(٢٠٠٤)،الجغرافية الطبيعية لسورية، منشورات جامعة تشرين.
٧- علي موسى، (١٩٩٠)، المناخ الإقليمي، مطبعة الاتحاد، دمشق.
٨- ماكس ديروو،(١٩٩٧)،مبادئ الجيومورفولوجيا، دار الفكر.
٩- محمد فائد حاج حسن، (١٩٩٥)، أسس الجيومورفولوجيا المناخية، منشورات جامعة دمشق.
١٠- محمد فائد حاج حسن،(١٩٩٨)،النظم الهيدرولوجية الكارستية ونماذج العلاقة بين شبكات الأودية السطحية الجافة وبين المجاري الكارستية الباطنية، المجلة الجغرافية الكويتية، الكويت.
١١- معهد لينغبروفودخوذ ، (١٩٩٤)، مشروع الحرمون، وزارة الري، دمشق.
١٢-يحيى فرحان،(١٩٨٢)،مورفولوجية المنحدرات في مناطق مختارة من وسط الأردن، مطابع الدستور التجارية، عمان، الأردن.

المراجع الأجنبية:


1- Ajun.k,(1984), Glaciers of the Middle East and Africa-Glaciers Of Turkey, Geological Survey Professional .

2- Abdul Salam,A,(1966),Morphologische Studiem In Der Syrischen Wuste Und Dem Anti-Libanon Im Dstitute Des Freien Universitat-Berlin.

3- Büdel. J,(1981),Klima-Geomorphologie, Gebrüder Borntraeger ,Berlin ,Stuttgart.

4- Butzer,K,W,(1958),The Near East During The Last Glaciation,Geog,Jour,Vol123,Part3.

5- Bravard,j,(2000),Les cours d'eau(dynamique du systeme fluvial),paris juillet.

6- Carlston,C.W,(1963),Drainage Density and Stream flow, U. S. Geol ,Survey Prov

7- Chorley .r and Kennedy,(1971),Physical Geography a System Approach ,Prentice-Hall Inter,London.

8- Cook.H.S.(1973),Pleistocene Chronology :Long Or Short. Quaternary Research.

9- Dade , W .B ; (2001) : Multifle Scale in River Basin Morphology , Amer . Jour . Soc .

10- Doornkamp, J C & King ,C, A,M ; (1971) :Numerical Analysis in Geomorphology An Introduction , London.

11- Emiliani.K.W,(1961),The Late Neogene, Beostratigraphy And Geochronology and Paleoclimatology Elsevier Scientific,Amsterdam.

12- Flint, J.J, (1973): Experimental Development of headword Growth of channel Net-work, Geo. Sci, Amer, Bull.

13- Gardiner, V., 1981. Drainage basin morphometry. In "geomorphological techniques", A. Goudie (ed), George Allen & Unwin, London.

14- Goudie.A,(1977),Environmental Change, Clarendon Press, Oxford.

15- Gregory, k . J & Willing , D .E ;( 1973) : Drainage Form and Processes Geomorphology Approach, Edward Amold , London.

16- hack, j, t,(1957), studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland, us, geol, survey, prof.

17- Harttley, A. (2002), The Development of Alluvial Fans in Basins :ARE Existing Facies Models Wrong, University of Extensional Aberdeen Press, Aberdeen.

18- Horton,R.E,(1945),Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Geol. soc. amer Bull.

19- Hussein.K,(2006),Climatic Characteristics Of The Late Pleistocene And Holocene Contintal Deposits From Southwestern Syria Based On Palynological Data,Darwiniana.

20- Issar. S,(2004), Climate Changes during the Holocene and their Impact on Hydrological Systems, Cambridge University Press.

21- Jakucs.L,(1977),morphogenetics of karst regions ,akademiai kiado ,Budapest.

22- Joseph.B,(1968),Glacial Reconnaissance In Turkey, Geological Society Of American Buletin.

23- Kaiser,k,(1965),Extension Des Fenomenes De Glacition Et Perglacition Durant Les Phases Froides Du Quaternaire International Congres,Sero-Libanaises.

24- Kevin hall,2001,newinsights into rock weathering from high-frequency rock temperature data:an Antarctic study of weathering by thermal stress, university northern british columbia, Canada.

25- Messerli,L,(1966),Le Propleme D Erosion Glaciaire Dans Le Liban Et L Hermon, Zeitschrift fur Geomorph.
26- Monbaron Michel,(1994) Structures et roches : le processus karstique ,academie des ciences, paris, france.
27- Penck,W,(1953),Morphological analysisof Land Forms,Macmillan co.Limited,London.
28- Philippe gombert,(1997) quantification du role des parameters climatiques dans la dissolution karstique, academie des ciences, paris, france.
29- PONIKAROV. V.P. (1966), THE GEOLOGICAL MAP OF SYRIA-SHEETS DIMASHQ ,DEPARTMET OF GEOLOGICAL AND MINERAL RESEARCH , DIMASHQ.
30- Scheidegger A.E,(1970),Theoretical Geomorphology, Second Edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
31- Schumm , S.A; (1956) : Evolution of Drainage Systems and Slope in Badland at Perth Amboy New York , Geol , Soc , Ame , Bull.
32- Schumm, S. A; (1971): Fluvial Geomorphology in River Mechanics, in Schumm, S.A, (ed): River Morphology, Dowden – Hutchison & Ross, Pennsylvania.
33- Small.R.J.(1978).The Study Of Landforms,Cambridge University Press Camridge.
34- Stanley.D.J,(1989),Sediment Transport On The Coast And Shelf Between The Nile Delta And Palestine Margin, Mediterranean Basin Program, Journal Of Coastal Research.
35- Stephen trudgill,(1985), Limestone geomorphology, Longman Group limited,London.
36- Thornes. J & Brunsden, D; (1978): Geomorphology and Time, Methuen & Co Ltd, Condrily.

37- ugur dogan,(2005),land subsidence and caprock dolines caused by subsurface gypsum dissolution and the effect of subsidence on thefluvial system in the upper tigris basin(between bismil- batman, turkey) ,Ankarauniversity,turkey.

38- Vaumas,E,De,(1954),Le Liban,3 Text, Paris.

39- Wright,g,f,(1907),Lebanon Glaciers,Bull,Geol,Soc.Amer,Vol18.

40- Young. A ;( 1972): Slopes. Oliver and Boyd. Edinbury.p163.

41- Zumoffen,B, (1926),Geologie Du Liban,Paris.

## ملخص الرسالة

تمت دراسة أحواض التصريف المائي في منطقة الدراسة الواقعة في حوض الأعوج، وذلك من خلال تحليل المركب الجيومورفولوجي إلى عناصره الرئيسة، ومن ثم دراسة العلاقة المتبادلة بين أطرافه والمسؤولة عن نشأة وتطور أحواض التصريف المائي، والبالغ عددها (٨) أحوض، وقُسمت الرسالة إلى أربعة فصول.

تضمنت **المقدمة** تحديداً لموقع منطقة الدراسة، ، وأهداف فرضيات ومنهج الدراسة، ثم خطة الرسالة. وخصص الفصل الأول لدراسة **الإطار الطبيعي لمنطقة الدراسة،** ويشمل: الحالة الجيولوجية، ودُرس فيه أربعة عناصر هي: التكوينات الصخرية السطحية، والتتابع الطبقي، والبنية الجيولوجية، والتطور الجيولوجي لمنطقة الدراسة، ثم تناول الفصل خصائص سطح المنطقة من ارتفاعات وانحدارات وتضاريس محلية، وأخيراً تمت دراسة عناصر المناخ بالتفصيل، ويأتي في مقدمتها: عنصري الحرارة والأمطار، وكان من أهم نتائج هذا الفصل:

أ- تنكشف الصخور الكلسية العائدة للحقب الثاني في الجزء الغربي من منطقة الدراسة، حيث تتميز بتعقيد بنيتها الجيولوجية ومرورها بالعديد من المراحل التطورية، وتترك العمليات البنائية بصمتها بشكل واضح على جيولوجية المنطقة، بينما تسيطر الرسوبيات الرباعية على باقي أجزاء الحوض، ويستثنى من ذلك الكتل البنيوية في وسط الحوض ووعرة زاكية البازلتية التي تشكل الحد الجنوبي له.

ب- يُوصف سطح المنطقة بكونه شديد التضرس والانحدار والارتفاع في الجزء الغربي من الحوض بينما تسيطر الأراضي السهلية في وسط و سافلة الحوض النهري باستثناء كتل جبال المانع البنيوية في الوسط.

ج- يسيطر المناخ شبه الرطب في الجزء الغربي من الحوض حيث وفرة الأمطار والثلوج وانخفاض الحرارة شتاء واعتدالها صيفاً، بينما يسيطر المناخ شبه الجاف في شرق الحوض النهري ، حيث يتميز المناخ بالفارق الكبير بين درجات الحرارة العظمى والصغرى، وقلة كمية الأمطار.

أما الفصل الثاني فقد تم دراسة **خصائص أحواض التصريف المائي،** وهي المساحة والأطوال، وأشكال أحواض التصريف، وخصائص أسطحها، وذلك باستخدام التحليل المورفومتري، ولوحظ وجود اختلاف واضح بين أحواض التصريف من حيث خصائصها، ويعود ذلك لعدة أسباب تتعلق بالتوزيع الجغرافي للمرتفعات بالنسبة إلى محاور الأحواض، بالإضافة إلى تأثير الصدوع من حيث اتجاهاتها وأطوالها على اتجاه المجاري المائية، إضافة للاختلافات الليتولوجية والستراتيغرافية.

وتناول الفصل الثالث **خصائص شبكات المجاري المائية**، ومن أهم نتائجه:

أن عدد المجاري المائية في أحواض التصريف المائي في منطقة الدراسة قد بلغ (٥٣٤٩) مجرى، كما تباينت شبكات المجاري المائية فيبينها من حيث الكثافة ، وتكرارية المجاري، ونسبة النسيج الطبوغرافي، والمسافات بين المجاري المائية، ومعمل الالتقاء، وذلك لأسباب تتعلق بالجانب الليتولوجي و خصائص السطح، والمرحلة العمرية .

ويُمثل الفصل الرابع دراسة لأشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة، فتم في البداية دراسة مقاطع للسفوح في المنطقة، وتم فيه تحليل القطاعات التضاريسية، وتصنيفها، وتحليل زوايا الانحدار، ثم حددت أساليب تطور هذه السفوح، ومن ثم دراسة الأشكال الناجمة عن الحت النهري فدست مقاطع طولية للأحواض الرئيسة، وتم دراسة مصطبتان رئيسيتان لنهر الأعوج تعودان للرباعي الحالي والأعلى، ودراسة الأكواع النهرية له وتم مقارنة هذه الأكواع خلال فترات زمنية متباعدة ولم يلاحظ حدوث هجرة للأكواع النهرية، بعد ذلك تمت دراسة الأشكال الجليدية والصقيعية حيث تناولت الدراسة عدة حلبات جليدية في قمة جبل الشيخ وتم استنتاج أن الفترة الملائمة لظهور النشاط الجليدي خلال الرباعي الحديث هي ذروة الفورم في الفترة الممتدة بين (٢٧ ألف عام و ١٨ ألف عام) ،ثم تلاها فترات أخرى كانت ملائمة لإعادة قولبة التضاريس الجليدية السابقة ذاتها في الفترات (من ١٤ إلى١١ ألف عام)، ثم الفترة (من ٦ إلى ٣ ألف عام)، وأخيراً تم التطرق للأشكال الكارستية من خلال ما تواجد في المنطقة من خدوش كارستية ودولينات وبولييات . وأخيراً تم إعداد **الخارطة الجيومورفولوجية**، والتي صُنفت فيها أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة:

وختمت الدراسة بعرض لأهم نتائجها، ثم الملاحق، وقائمة المراجع العربية والإنكليزية.

الملاحق:

| فئات الزوايا | أعداد الصدوع | النسبة المئوية | أطوال الصدوع (ملم) | النسبة المئوية |
|---|---|---|---|---|
| ٠- ٢٢.٥ | ٢٠ | ١٥% | ٨٧.٢ | ١٢.٥% |
| ٢٣- ٤٥ | ١٨ | ١٣.٥% | ٧٨ | ١١.١% |
| ٤٦- ٦٧.٥ | ١٩ | ١٤.٢% | ١١٤.٥ | ١٦.٣% |
| ٦٨- ٩٠ | ٢٤ | ١٨.٢% | ١٢٢.٥ | ١٧.٥% |
| ٩١- ١١٢.٥ | ١٢ | ٩% | ٥٧.٥ | ٨.٢% |
| ١١٣- ١٣٥ | ٢١ | ١٥.٧% | ١٠٨ | ١٥.٤% |
| ١٣٦- ١٥٧.٥ | ١٢ | ٩% | ٦٤ | ٩.١% |
| ١٥٨- ١٨٠ | ٧ | ٥.٢% | ٦٧ | ٩.٥ % |
| ٠- ١٨٠ | ١٣٣ | | ٦٩٩ | |

الملحق (١) إعتماداً على الخارطة الجيولوجية لخرطة دمشق الجيولوجية مقياس ١/٢٠٠٠٠٠

( كل ١ملم يعادل ٢٠٠ م)

| **الارتفاع (م)** | **المساحة (كم٢)** | **النسبة (%)** |
|---|---|---|
| **٢٦٠٠- ٢٨٠٠** | ٨،٠ | ٠،٠٧ |
| **٢٤٠٠- ٢٦٠٠** | ٣،٢ | ٠.٢ |
| **٢٢٠٠- ٢٤٠٠** | ٧،٧ | ٠.٦٧،٠ |
| **٢٠٠٠- ٢٢٠٠** | ٢،١٧ | ١.٥١،١ |
| **١٨٠٠- ٢٠٠٠** | ٨،٢٣ | ٢.٠٩ |
| **١٦٠٠- ١٨٠٠** | ٩،٣٤ | ٣.٠٦ |
| **١٤٠٠- ١٦٠٠** | ٥،٣٩ | ٣.٤٧ |
| **١٢٠٠- ١٤٠٠** | ٢،٥٣ | ٤.٦٧ |
| **١٠٠٠- ١٢٠٠** | ١،١١٦ | ١٠.٢ |
| **٨٠٠- ١٠٠٠** | ٦،٢٨٠ | ٢٤.٦٦ |
| **٦٠٠- ٨٠٠** | ٧،٥٦١ | ٤٩.٣٦ |

الملحق رقم (٢) يبين قيم الارتفاعات والمساحات التي تشغلها ونسبتها المئوية

| فئات الزوايا | التصنيف | المساحة | | النسبة المئوية |
|---|---|---|---|---|
| ٠ ـ٢ | خفيف جداً | ٧،٦٩٧ | | ٦١.٣٣ |
| ٢ـ٥ | خفيف | ٤،١٩٧ | | ١٧.٣٥ |
| ٥ـ١٠ | متوسط | ٤،١٠٦ | | ٩.٣٥ |
| ١٠ـ١٨ | فوق المتوسط | ٦،٧٤ | | ٦.٥٥ |
| ١٨ـ٣٠ | شديد | ١،٤٥ | | ٣.٩٦ |
| ٣٠ـ٤٥ | شديد جداً | ١٦ | | ١.٤ |
| ٤٥ـ٩٠ | رأسي | ٤،١ | | ٠.١٢ |

**الجدول رقم (٣) يبين قيم الانحدارات داخل الحوض وتصنيفها والمساحة التي تشغلها**

| الاتجاه | الاتجاه بالدرجات | المساحة (كم٢) | النسبة (%) |
|---|---|---|---|
| **منبسط** | ٠ | ٥،٣٢٧ | ٢٨.٧ |
| **شمال** | ٠ ـ ٥،٢٢ | ٥،٣٧ | ٣.٢ |
| **شمال شرق** | ٥،٢٢ ـ٥،٦٧ | ٧،٤٠ | ٣.٥ |
| **شرق** | ٥،٦٧ ـ٥،١١٢ | ٨٥ | ٧.٤ |
| **جنوب شرق** | ٥،١١٢ ـ٥،١٥٧ | ١،١٠٢ | ٨.٩ |
| **جنوب** | ٥،١٥٧ ـ٥،٢٠٢ | ٥،١١٩ | ١٠.٥ |
| **جنوب غرب** | ٥،٢٠٢ ـ٥،٢٤٧ | ٧،١٣٠ | ١١.٤ |
| **غرب** | ٥،٢٤٧ ـ٥،٢٩٢ | ٨،١٠٥ | ٩.٢ |
| **شمال غرب** | ٥،٢٩٢ ـ٥،٣٣٧ | ٦،٩١ | ٨.٠٥ |
| **شمال** | ٥،٣٣٧ ـ٣٦٠ | ١،٩٨ | ٨.٦ |

الجدول رقم(٤) يبين اتجاه السفوح والمساحة التي تغطيها

| الحويضة | المساحة / كم٢ | النسبة المئوية% |
|---|---|---|
| الجناني | ١٣٥.٢١ | ٣٢.٨٥ |
| بحيران | ١١٩.٩٨ | ٢٩.١٥ |
| ١ | ٣١.٨٣ | ٧.٧٣ |
| ٢ | ٦٧.٢٩ | ١٦.٣٤ |
| ٣ | ٢٥.٩٥ | ٦.٣٠ |
| ٤ | ١٠.٥٧ | ٢.٥٦ |
| ٥ | ٧.٥٧ | ١.٨٣ |
| ٦ | ١٣.١٩ | ٣.٢ |

الملحق (٥) يبين مساحة الحويضات النهرية ونسب مساحتها المئوية

| الحوض | المساحة | Hack | Montgomery | الطول /كم | العرض/كم |
|---|---|---|---|---|---|
| الأعوج | ١١٤٧.٣٩ | ٩٥.٩٣ | ١٠١.٦ | ٧٣.٤ | ٢٥.٦ |
| الجناني | ١٣٥.٢١ | ٢٦.٥٩ | ٣٤.٨٨ | ٢١.٣ | ١١.٩٦ |
| بحيران | ١١٩.٩٨ | ٢٤.٧٥ | ٣٢.٨٦ | ٢٣.٧٦ | ٩.٨٧ |
| ١ | ٣١.٨٣ | ١١.١٦ | ١٦.٩٢ | ١٢.٦٤ | ٤.١ |
| ٢ | ٦٧.٢٩ | ١٧.٤٩ | ٢٤.٦ | ١٧.٣٥ | ٨.٢٥ |
| ٣ | ٢٥.٩٥ | ٩.٨ | ١٥.٢٨ | ١١ | ٥.٣٦ |
| ٤ | ١٠.٥٧ | ٥.٧٦ | ٩.٧٥ | ٥.٨٣ | ٤.٠٦ |
| ٥ | ٧.٥٢ | ٤.٦٩ | ٨.٢٢ | ٤.٥٩ | ١.٩٥ |
| ٦ | ١٣.١٩ | ٦.٥٨ | ١٠.٨٩ | ٦.٧١ | ٢.٩٤ |

الملحق (٦) يبين نتائج معادلات العلاقة بين الطول والمساحة و قياسات الطول والعرض

| الحوض | الاستطالة | البيضوية | الانبعاج | الاستدارة | الاندماج | التناظر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الأعوج | ٠.٥٢ | ٠.٣٥ | ١.١٧ | ٠.٣٤ | ١.٧٠ | ٠.٣٣ |
| الجناني | ٠.٦١ | ٠.٥٠ | ٠.٨٣ | ٠.٤٩ | ١.٤٢ | ٠.٥٤ |
| بحيران | ٠.٥٢ | ٠.٣٥ | ١.١٧ | ٠.٣١ | ١.٧٨ | ٠.٥٠ |
| ١ | ٠.٥٠ | ٠.٣٤ | ١.٢٥ | ٠.٤٧ | ١.٤٤ | ٠.٦٧ |
| ٢ | ٠.٥٣ | ٠.٣٧ | ١.١١ | ٠.٤١ | ١.٥٥ | ٠.٩٤ |
| ٣ | ٠.٥٢ | ٠.٣٦ | ١.١٦ | ٠.٣٧ | ١.٦٤ | ٠.٩٠ |
| ٤ | ٠.٦٢ | ٠.٥٢ | ٠.٨٠ | ٠.٤٤ | ١.٤٨ | ٠.٧٧ |
| ٥ | ٠.٦٧ | ٠.٦٠ | ٠.٧٠ | ٠.٥٠ | ١.٤٠ | ٠.٩٠ |
| ٦ | ٠.٦١ | ٠.٤٩ | ٠.٨٥ | ٠.٣٩ | ١.٥٨ | ٠.٣٧ |

الملحق (٧) يبين قيم معدلات تجانس الأحواض النهرية

| الحوض | التضرس المحلي/ م | معدل التضرس م/كم |
|---|---|---|
| **الأعوج** | ٢٢١٤ | ٣٠.١٦ |
| **الجناني** | ١٤١٠ | ٦٦.٥ |
| **بحيران** | ١٩٦٤ | ٨٢.٦٥ |
| **١** | ٣٧٠ | ٢٩.٢٧ |
| **٢** | ١٢٩٠ | ٧٤.٣٥ |
| **٣** | ٤٣٠ | ٣٩.٠٩ |
| **٤** | ٤٤٠ | ٧٥.٤٧ |
| **٥** | ١٧٠ | ٣٧.٠٣ |
| **٦** | ٤٢٠ | ٦٢.٥٩ |

الملحق (٨) يبين قيم التضرس المحلي ومعدل التضرس

| الحوض | كثافة الشبكة النهرية | رقم الوعورة |
|---|---|---|
| الأعوج | ٢.١٧ | ٤٨١٥.٣١ |
| الجناني | ٢.٣٨ | ٣٣٦٥.٤٣ |
| بحيران | ٣.٠٨ | ٦٠٦١.٤٣ |
| ١ | ٤.٤٧ | ١٦٥٥.٢٢ |
| ٢ | ٣.٦٢ | ٤٦٧٦.١٤ |
| ٣ | ٥.٠٣ | ٢١٦٥.٧٧ |
| ٤ | ٧.٣٤ | ٣٢٢٩.٨٩ |
| ٥ | ٥.٠٦ | ٨٦١.١٢ |
| ٦ | ٥.٢٨ | ٢٢٢٠.٧١ |

الملحق (٩)

| **الحوض** | **عدد المجاري** | **مساحة الحوض كم٢** |
|---|---|---|
| الأعوج | ٥٣٤٩ | ١١٤٧.٣ |
| الجناني | ٤٦٨ | ١٣٥.٢١ |
| بحيران | ٥٧٤ | ١١٩.٩٨ |
| ١ | ٣٣٥ | ٣١.٨٣ |
| ٢ | ٣٩٧ | ٦٧.٢٩ |
| ٣ | ٤٣٨ | ٢٥.٩٥ |
| ٤ | ٣٢٥ | ١٠.٧٥ |
| ٥ | ١٠١ | ٧.٥٢ |
| ٦ | ١٨٩ | ١٣.١٩ |

الملحق (١٠)

| **الحوض** | الرتبة الأولى | الرتبة الثانية | الرتبة الثالثة | الرتبة الرابعة | الرتبة الخامسة | الرتبة السادسة | الرتبة السابعة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الأعوج | ٤٠٧٩ | ٩٤٣ | ٢٤٦ | ٦١ | ١١ | ٨ | ١ |
| الجناني | ٣٦٦ | ٨١ | ١٦ | ٤ | ١ | | |
| بحيران | ٤٣٧ | ١٠٤ | ٢٦ | ٦ | ١ | | |
| ١ | ٢٨٨ | ٣١ | ١٢ | ٣ | ١ | | |
| ٢ | ٣١٢ | ٥٨ | ١٩ | ٥ | ٢ | ١ | |
| ٣ | ٣٢٥ | ٨٠ | ٢٤ | ٨ | ١ | | |
| ٤ | ٢٤٦ | ٦٠ | ١٤ | ٤ | ١ | | |
| ٥ | ٧٥ | ٢٠ | ٥ | ١ | | | |
| ٦ | ١٣٥ | ٣٩ | ١١ | ٣ | ١ | | |

الملحق رقم(١١) يبين أعداد الرتب

| الحوض | معامل الالتقاء حسب الرتب | | | | | | المعدل | معامل الالتقاء لكامل الحوض |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ٢/١ | ٣/٢ | ٤/٣ | ٥/٤ | ٦/٥ | ٧/٦ | | |
| الأعوج | ٤.٣ | ٣.٨ | ٤.٣ | ٥.٥ | ٣.١ | ٨ | ٤.٤ | ٥.٢ |
| الجناني | ٤.٥ | ٥ | ٤ | ٤ | | | ٤.٣ | ٥.٥ |
| بحيران | ٤.٢ | ٤ | ٤.٣ | ٦ | | | ٤.٦ | ٥.١ |
| ١ | ٩.٢ | ٢.٥ | ٤ | ٣ | | | ٤.٦ | ٩.٢٩ |
| ٢ | ٥.٣ | ٣ | ٣.٨ | ٢.٥ | ٢ | | ٣.٣ | ٥.٨ |
| ٣ | ٤ | ٣.٣ | ٣ | ٨ | | | ٤.٥ | ٤.٩ |
| ٤ | ٤.١ | ٤.٢ | ٣.٥ | ٤ | | | ٣.٩ | ٥ |
| ٥ | ٣.٧ | ٤ | ٥ | | | | ٤.٢ | ٤.٧ |
| ٦ | ٣.٤ | ٣.٥ | ٣.٦ | ٣ | | | ٣.٣ | ٤.٣ |

الملحق رقم (١٢) يبين قيم معامل الالتقاء

| الحوض | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الأعوج | ١٢٥١.٥ | ٥٥٦.٥ | ٣٢٧.٤ | ١٤٦.٩ | ٩٩.٤ | ١٣٢.٨ | ١٢.٤ | ٢٥٢٦.٩ |
| الجناني | ١٨٢.٨ | ٦١ | ٤١.٣ | ١٦.٣ | ١٤.٨ | | | ٣١٦.٢ |
| بحيران | ٢٠٨.٦ | ٧٢.٤ | ٥٠.٩ | ١٠.٣ | ٢٧.٢ | | | ٣٦٩.٤ |
| ١ | ٦٥.٧ | ٣٩.٧ | ٢٩.٧ | ٣.٩ | ٣.٥ | | | ١٤٢.٥ |
| ٢ | ١٢١.٨ | ٤٨.٨ | ٣٩.٧ | ٢٣ | ٦ | ٤.٢ | | ٢٤٣.٥ |
| ٣ | ٦٢.٨ | ٣٢.٥ | ١٥.٩ | ٩.٣ | ١٠.١ | | | ١٣٠.٦ |
| ٤ | ٤٣.٢ | ١٥.٩ | ١٠.٤ | ٣.٧ | ٤.١ | | | ٧٧.٣ |
| ٥ | ٢٣.٦ | ٧ | ٢.٨ | ٤.٦ | | | | ٣٨ |
| ٦ | ٣٤.٢ | ١٨.٢ | ١٠.٦ | ٢.١ | ٤.١ | | | ٦٩.٢ |

الملحق (١٣) أطوال المجاري المائية حسب رتبها

| الحوض | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الأعوج | ٠.٣ | ٠.٥ | ١.٣ | ٢.٤ | ٩ | ١٦ |
| الجناني | ٠.٤ | ٠.٨ | ٢.٥ | ٤ | | |
| بحيران | ٠.٤ | ٠.٦ | ١.٩ | ١.٧ | | |
| ١ | ٠.٢ | ١.٢ | ٢.٤ | ١.٣ | | |
| ٢ | ٠.٣ | ٠.٨ | ٢ | ٤.٦ | ٣ | |
| ٣ | ٠.١ | ٠.٤ | ٠.٦ | ١.١ | | |
| ٤ | ٠.١ | ٠.٢ | ٠.٧ | ٠.٩ | | |
| ٥ | ٠.٣ | ٠.٣ | ٠.٥ | | | |
| ٦ | ٠.٢ | ٠.٤ | ٠.٩ | ٠.٧ | | |
| الانحراف | ٠.١٠٦ | | ٠.٧٤٦ | ١.٥١٨ | ٧.٦٧٧ | |
| المتوسط | ٠.٢ | ٠.٥ | ١.٤ | ٢.٤ | ٩.٤ | |

الملحق (١٤)متوسط أطوال المجاري المائية

| التصنيف | حسب التصنيف الأمريكي |
| --- | --- |
| **كثافة منخفضة** | **٥ > كم / كم٢** |
| **كثافة متوسطة** | **٥ ـ١٠ كم /كم٢** |
| **كثافة مرتفعة** | **١٠ ــ ٢٠ كم /كم٢** |

الملحق (١٥) يبين تصنيف كثافة التصريف وفق Morisawa

| الحوض | كثافة الشبكة النهرية كم /كم٢ |
| --- | --- |
| الأعوج | ٢.١٧ |
| الجناني | ٢.٣٨ |
| بحيران | ٣.٠٨ |
| ١ | ٤.٤٧ |
| ٢ | ٣.٦٢ |
| ٣ | ٥.٠٣ |
| ٤ | ٧.٣٤ |
| ٥ | ٥.٠٦ |
| ٦ | ٥.٢٨ |

الملحق (١٦)يبين كثافة التصريف النهري

| الحوض | النسيج الطبوغرافي<br>مجرى / كم | تكرار المجاري المائية<br>مجرى / كم٢ |
| --- | --- | --- |
| الأعوج | ٢٧.٥ | ٤.٦٦ |
| الجناني | ٨.٣ | ٣.٤٦ |
| بحيران | ٨.٥ | ٤.٧٨ |
| ١ | ١٢.١ | ١٠.٥٢ |
| ٢ | ٩.١ | ٥.٨٩ |
| ٣ | ١٥.٣ | ١٦.٨٧ |
| ٤ | ١٩.١ | ٣٠.٢٣ |
| ٥ | ٧.٧ | ١٣.٤٣ |
| ٦ | ٩.٥ | ١٤.٣٢ |

الملحق (١٧)

| رقم القطاع | طول القطاع | العناصر | | | | | | الأقسام | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | المحدبات | | | المقعرات | | | الجزء الأقصى | | | الجزء الأدنى | | | الجزء القممي | | | الجزء المستقيم | | |
| | | الطول | % | التقوس | الطول | % | التقوس | الطول | % | الانحدار | الطول | % | الانحدار | الطول | % | الانحدار | الطول | % | الانحدار |
| ١ | ٤١٤٠ | ٧٠٠ | ١٦.٩ | ٤.٢ | ٤٥٠ | ١٠.٨ | ٥.٩ | ٦٠ | ١.٤ | ٣٠.١ | - | - | - | - | - | - | ١٠٥٠ | ٢٥.٣ | ١٤.٢ |
| | | ٥٥٠ | ١٣.٢ | ٣.٩ | ١٤٠ | ٣.٣ | ٤٣.٢ | ٩٠ | ٢.١ | ٣٠ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٥٠ | ٣.٦ | ٣٩ | ٩٥٠ | ٢٢.٩ | ١٢ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ٢ | ٤٢٥٥ | ٨٠ | ١.٨ | ٩.٣ | ٧٤٠ | ١٧.٣ | ٣.٢ | - | - | - | - | - | - | ١٠٠ | ٢.٣ | ٢.٢ | ٦٠٠ | ١٤.١ | ٢٧.٥ |
| | | ١٨٠ | ٤.٢ | ٣٦.٧ | ٦٤٠ | ١٥ | ٣٩.١ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ٩٢٠ | ٢١.٦ | ١٩.٥ |
| | | - | - | - | ٣٦٠ | ٨.٤ | ٢٤.٦ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ٣ | ٥٤٧٥ | ٩٤٥ | ١٧.٢ | ٢.٣ | ٧٥٠ | ١٣.٦ | ١.٩ | ٣٥٠ | ٦.٣ | ٢١.٦ | ٣٢٥ | ٥.٩ | ٥.٥ | ٥٥ | ١ | ١.٥ | - | - | - |
| | | ٣٧٥ | ٦.٨ | ٢.٨ | ١٧٥٠ | ٣١.٩ | ٠.٥ | ١٢٥ | ٢.٢ | ٢٤ | ٢٥٠ | ٤.٥ | ٧.٢ | - | - | - | - | - | - |
| | | ٣٥٠ | ٦.٣ | ١.٧ | - | - | - | ٢٠٠ | ٣.٦ | ١٩.٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ٤ | ٥٢٦ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ٦٦ | ١٢.٥ | ٠ | ٤٦٠ | ٨٧.٤ | ٢٦ |
| ٥ | ٧٤٠ | ١٩٢ | ٢٥.٩ | ٥.٦ | - | - | - | ٤٨ | ٦.٤ | ٣١.٢ | - | - | - | - | - | - | ٢٤٠ | ٣٢.٤ | ١٨.٧ |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ٢٦٠ | ٣٥.١ | ٢٣ |
| ٦ | ١٠٧٠ | ٨٠٠ | ٧٤.٧ | ١.١٧ | - | - | - | ١٥٠ | ١٤ | ٣٠ | - | - | - | - | - | - | ١٢٠ | ١١.٢ | ٢٠ |
| ٧ | ٩٠٠ | ١١٠ | ١٢.٢ | ١٨.٥ | - | - | - | ٢٥ | ٢.٧ | ٤٨ | - | - | - | ٤٠ | ٤.٤ | ٠.١ | ٤٩٥ | ٥٥ | ١١.٥ |
| | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ٢٣٠ | ٢٥.٥ | ١٧.٨ |
| ٨ | ٢٥٠٠ | ١٤٩ | ٥.٩ | ٥.٤ | ٣٣١ | ١٣.٢ | ٢.٩ | ١١١ | ٤.٤ | ٢١.٦ | ١١١ | ٤.٤ | ٥.٤ | ٨٣ | ٣.٣ | ١ | - | - | - |
| | | ١٦٦ | ٦.٦ | ٦.٥ | ٣١٥ | ١٢.٦ | ٣.٤ | ٥٥ | ٢.٢ | ٢١.٨ | ١٠٠ | ٤ | ٣ | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٢١ | ٤.٨ | ١٢.٢ | ١٦٦ | ٦.٦ | ٣.٢ | ١٧٧ | ٧ | ٥٠.٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ٣١١ | ١٢.٤ | ٥.٤ | ١٥٥ | ٦.٢ | ١٨.٤ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ٩ | ٦٨٣ | ٥٠ | ٧.٣ | ٦.٣ | ٢٠٠ | ٢٩.٢ | ١٥ | ٨٠ | ١١.٧ | ٣٣ | - | - | - | ٤٠ | ٥.٨ | ٠.٨ | ٣٦٠ | ٥٢.٧ | ٣٣.٧ |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١٠ | ١٥٧٥ | ٣٢٥ | ٢٠.٦ | ٥.٦ | - | - | - | ١٥٠ | ٩.٥ | ٣٠ | - | - | - | - | - | - | ١١٠٠ | ٦٩.٨ | ٢٤.٥ |
| ١١ | ٥٠٠ | ٥٧.٥ | ١١.٥ | ٣٣.١ | ٥٧.٥ | ١١.٥ | ٣٥.٥ | ١٥٠ | ٣٠ | ٣٤.٢ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ٧٥ | ١٥ | ٣٥.٣ | ١١٠ | ٢٢ | ١٧.٣ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ٥٥ | ١١ | ٣٩ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ١٢ | ١٠٣٨ | ٩١ | ٨.٦ | ٢٣.٨ | ١٣٠ | ١٢.٥ | ١٤.٨ | ٧٧ | ٧.٤ | ٢٣ | ١٠ | ٠.٩ | ١٠.٩ | ١٧٠ | ١٦.٣ | ٠.١ | - | - | - |
| | | ١١٠ | ١٠.٥ | ١٧.٣ | ١٩٠ | ١٨.٣ | ٧.٤ | ١٠ | ٠.٩ | ٤٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٠ | ٠.٩ | ٩٦ | ١٣٠ | ١٢.٥ | ١٨ | ١٠٠ | ٩.٦ | ٣٠ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٠ | ٠.٩ | ١٩.٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ١٣ | ١٢٥٠ | ١٢٥ | ١٥.٦ | ٨ | ٤٠٠ | ٢٥ | ٢.٤ | ١٥٠ | ١٨.٧ | ١٤.٤ | - | - | - | ١٢٥ | ١٥.٦ | ٠.١ | - | - | - |
| | | - | - | - | - | - | - | ٤٥٠ | ٥٦.٢ | ١٦.٦ | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ١٤ | ٧٩٥ | ١٧٠ | ٢١.٣ | ١٦.٦ | ١٨٠ | ٢٢.٦ | ١٣.٨ | ٢٨٠ | ٣٥.٢ | ٦٠ | ١٢٥ | ١٥.٧ | ١٢ | ٤٠ | ٥ | ٠.١ | - | - | - |
| ١٥ | ٨٠٠ | ٢١٠ | ٢٦.٢ | ١٣.٦ | ٣٠٠ | ٣٧.٥ | ٦ | ٢٠٠ | ٢٥ | ٦٧.٥ | ٧٠ | ٨.٧ | ١٦ | ٢٠ | ٢.٥ | ٠.٣ | - | - | - |
| ١٦ | ٦٠٠ | ١٠٠ | ١٦.٦ | ١٥ | ٧٥ | ١٢.٥ | ٢٦.٢ | ٣٧٠ | ٦١.٦ | ٤٨ | - | - | - | ٧٥ | ١٢.٥ | ٠.١ | - | - | - |
| ١٧ | ٥٥٠ | ٢٥ | ٤.٥ | ٣٨.٤ | ٢٠٠ | ٣٦.٣ | ٤.٢ | ١٠٠ | ١٨ | ١٢ | - | - | - | ٧٥ | ١٣.٦ | ٠.١ | - | - | - |
| | | ١٥٠ | ٢٧.٢ | ٢.٦ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ١٨ | ١٨٠٠ | ٥٠ | ٢.٧ | ٢٤ | ١٥٠ | ٨.٣ | ٨ | ١٣٠ | ٧.٢ | ٢١ | - | - | - | - | - | - | ٢٢٠ | ١٢.٢ | ٢٧.٢ |
| | | ١٥٠ | ٨.٣ | ٣.٣ | ٣٦٠ | ٢٠ | ٢.٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٤٠ | ٢.٢ | ٣ | ٢٠٠ | ١١.١ | ١.٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | - | - | - | ٤٠٠ | ٢٢.٢ | ١.٣ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ١٩ | ١٩٠١ | ٨٣ | ٣.٤ | ١٠.٤ | ١٦٦ | ٨.٧ | ١٠.٨ | ٨٤ | ٤.٣ | ٢٦.٧ | - | - | - | - | - | - | ١٦٦ | ٨.٧ | ٧.٢ |
| | | ١٢٤ | ٦.٥ | ١٤.٤ | ٣٢٣ | ١٦.٩ | ٢.٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ٨٣ | ٤.٣ | ١٠.٤ | ٨٥ | ٤.٤ | ٨.٣ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٦٥ | ٨.٦ | ٢.٦ | ٢٤٩ | ١٣ | ١.٩ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٢٤ | ٦.٥ | ٣.٩ | ١٦٦ | ٨.٧ | ٢.١ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ٨٣ | ٤.٣ | ١٠.٤ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٢٠ | ١٣٦٩ | ٦٦ | ٤٫٨ | ١٦٫٥ | ١٣٢ | ٩٫٦ | ١٠٫٣ | ٢٠ | ١٫٤ | ٤٠ | - | - | - | - | - | - | ١٣٢ | ٩٫٦ | ٢٢٫٧ |
| | | ١٩٩ | ١٤٫٥ | ١٥٫٣ | ١٣٢ | ٩٫٦ | ٦٫٨ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ١٦٥ | ١٢ | ٩ |
| | | ٩٦ | ٧ | ٦٫٥ | ١٣٠ | ٣٫١ | ٣٫٥ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ٦٦ | ٤٫٨ | ١٣ | ٦٦ | ٤٫٨ | ١٣٫١ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | ١٦٥ | | ١٫١ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ٢١ | ٨٥٠ | ١٢٠ | ١٤٫١ | ٨٫٣ | ٦٧٠ | ٧٨٫٨ | ٠٫٧ | ٢٠ | ٢٫٣ | ٤٥ | - | - | - | - | - | - | ٤٠ | ٤٫٧ | ١٥ |
| ٢٢ | ١٥٥٠ | - | - | - | ١١٥٠ | ٧٤٫١ | ٠٫٤ | ٣٠ | ١٫٩ | ٢٦ | ٣٥٠ | ٢٢٫٥ | ١٫٣ | ٢٠ | ١٫٢ | ٠٫١ | - | - | - |
| ٢٣ | ٤٦٥ | ٢٠ | ٤٫٣ | ٩٠ | ١٠٠ | ٢١٫٥ | ٩ | ١٥ | ٣٫٢ | ٣٢ | - | - | - | ٨٠ | ١٧٫٢ | ٠٫١ | ٢٥٠ | ٥٣٫٧ | ١٥٫٦ |
| ٢٤ | ٨٠٠ | - | - | - | ٧٨٠ | ٩٧٫٥ | ١٫٣ | - | - | - | - | - | - | ٢٠ | ٢٫٥ | ٠٫١ | - | - | - |
| المجموع | ٣٦١٣٢ | ٨٤٧٦ | | | ١٣٩٧٨ | | | ٣٨٠٧ | | | ١٣٤١ | | | ١٠٠٩ | | | ٦٨٠٨ | | |
| الأعداد | ٢٤ | ٤٥ | | | ٤٠ | | | ٢٩ | | | ٨ | | | ١٥ | | | ١٧ | | |
| المتوسط | ١٥٠ | ١٨٤ | | | ٣٤٩ | | | ١٣١ | | | ١٦٧ | | | ٦٧ | | | ٤٠٠ | | |
| معامل الانحراف | ١٣٢٤ | ١٩٩ | | | ٣٤٦ | | | ١١١ | | | ١٢٤ | | | ٤١ | | | ٣٣١ | | |
| معامل الاختلاف | ٨٧ | ١٠٨ | | | ٩٩ | | | ٨٤ | | | ٧٤ | | | ٦١ | | | ٨٢ | | |

الملحـــــق (١٨) يوضـــــح أطـــــوال ومعـــــاملات تقـــــوس العناصـــــر وأطـــــوال وانحـــــدار الأقســـــام الانحداريـــــة

الملحق رقم (١٩) يبين القياسات التي أجريت على الأكواع النهرية من الخرائط ١/٥٠٠٠٠ بدءاً من المصب

| | طول خط القاع | مدى الكوع | طول موجة المنعطف | معامل الانعطاف |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 104 | 36 | 43 | 2.418605 |
| 2 | 76 | 24 | 39 | 1.948718 |
| 3 | 216 | 60 | 167 | 1.293413 |
| 4 | 109 | 34 | 34 | 3.205882 |
| 5 | 127 | 46 | 77 | 1.649351 |
| 6 | 91 | 29 | 42 | 2.166667 |
| 7 | 68 | 31 | 42 | 1.619048 |
| 8 | 95 | 23 | 52 | 1.826923 |
| 9 | 107 | 34 | 51 | 2.098039 |
| 10 | 97 | 37 | 43 | 2.255814 |
| 11 | 109 | 41 | 64 | 1.703125 |
| 12 | 113 | 32 | 59 | 1.915254 |
| 13 | 86 | 28 | 26 | 3.307692 |
| 14 | 52 | 20 | 28 | 1.857143 |
| 15 | 109 | 39 | 23 | 4.73913 |
| 16 | 86 | 34 | 42 | 2.047619 |
| 17 | 49 | 19 | 31 | 1.580645 |
| 18 | 63 | 14 | 49 | 1.285714 |
| 19 | 66 | 28 | 41 | 1.609756 |
| 20 | 74 | 24 | 29 | 2.551724 |
| 21 | 86 | 28 | 67 | 1.283582 |
| 22 | 96 | 19 | 63 | 1.52381 |
| 23 | 151 | 57 | 113 | 1.336283 |
| 24 | 131 | 50 | 82 | 1.597561 |
| 25 | 111 | 39 | 94 | 1.180851 |
| 26 | 93 | 23 | 68 | 1.367647 |
| 27 | 165 | 58 | 109 | 1.513761 |
| 28 | 201 | 83 | 104 | 1.932692 |
| 29 | 172 | 62 | 94 | 1.829787 |
| 30 | 101 | 40 | 48 | 2.104167 |
| 31 | 71 | 23 | 32 | 2.21875 |
| 32 | 84 | 26 | 51 | 1.647059 |
| 33 | 123 | 56 | 68 | 1.808824 |
| 34 | 136 | 57 | 50 | 2.72 |
| 35 | 205 | 90 | 102 | 2.009804 |
| 36 | 62 | 19 | 32 | 1.9375 |
| 37 | 135 | 52 | 67 | 2.014925 |
| 38 | 170 | 65 | 69 | 2.463768 |
| 39 | 123 | 34 | 44 | 2.795455 |
| 40 | 76 | 37 | 36 | 2.111111 |
| 41 | 37 | 14 | 28 | 1.321429 |
| 42 | 48 | 15 | 21 | 2.285714 |
| 43 | 152 | 56 | 37 | 4.108108 |
| 44 | 148 | 49 | 46 | 3.217391 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4.764706 | 17 | 36 | 81 | 45 |
| 3.421053 | 19 | 32 | 65 | 46 |
| 1.791667 | 24 | 11 | 43 | 47 |
| 3.233333 | 30 | 43 | 97 | 48 |
| 1.73494 | 83 | 57 | 144 | 49 |
| 1.703704 | 54 | 32 | 92 | 50 |
| 3.722222 | 18 | 23 | 67 | 51 |
| 3.791667 | 24 | 33 | 91 | 52 |
| 4.041667 | 24 | 34 | 97 | 53 |
| 1.947368 | 38 | 30 | 74 | 54 |
| 3.888889 | 18 | 28 | 70 | 55 |
| 1.9375 | 32 | 19 | 62 | 56 |
| 2.586207 | 58 | 63 | 150 | 57 |
| 1.944444 | 36 | 23 | 70 | 58 |
| 4.736842 | 19 | 36 | 90 | 59 |
| 3.133333 | 30 | 37 | 94 | 60 |
| 3 | 30 | 29 | 90 | 61 |
| 2.942308 | 52 | 56 | 153 | 62 |
| 2.089286 | 56 | 45 | 117 | 63 |
| 3.052632 | 38 | 49 | 116 | 64 |
| 3.428571 | 28 | 42 | 96 | 65 |
| 2.513514 | 37 | 32 | 93 | 66 |
| 2.227273 | 22 | 15 | 49 | 67 |
| 2 | 34 | 21 | 68 | 68 |
| 4.769231 | 26 | 52 | 124 | 69 |
| 1.575 | 40 | 20 | 63 | 70 |
| 4.357143 | 14 | 22 | 61 | 71 |
| 1.8 | 25 | 14 | 45 | 72 |
| 2.241379 | 29 | 26 | 65 | 73 |
| 3.185185 | 27 | 30 | 86 | 74 |
| 3 | 44 | 45 | 132 | 75 |
| 2.789474 | 38 | 43 | 106 | 76 |
| 1.802326 | 86 | 44 | 155 | 77 |
| 3.2 | 20 | 22 | 64 | 78 |
| 2.230769 | 13 | 10 | 29 | 79 |
| 3.125 | 24 | 28 | 75 | 80 |
| 3.142857 | 21 | 30 | 66 | 81 |
| 2.357143 | 28 | 22 | 66 | 82 |
| 2.934783 | 46 | 57 | 135 | 83 |
| 1.295082 | 61 | 24 | 79 | 84 |
| 1.526316 | 76 | 39 | 116 | 85 |
| 3.714286 | 28 | 36 | 104 | 86 |
| 4.227273 | 22 | 38 | 93 | 87 |
| 3.169811 | 53 | 77 | 168 | 88 |
| 3.266667 | 30 | 44 | 98 | 89 |
| 2.611111 | 54 | 64 | 141 | 90 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2.381818 | 55 | 42 | 131 | 91 |
| 2.428571 | 42 | 46 | 102 | 92 |
| 2.215686 | 51 | 52 | 113 | 93 |
| 2.019231 | 52 | 40 | 105 | 94 |
| 1.348485 | 66 | 35 | 89 | 95 |
| 2.5 | 34 | 33 | 85 | 96 |
| 2.454545 | 33 | 38 | 81 | 97 |
| 2.981132 | 53 | 68 | 158 | 98 |
| 1.921875 | 64 | 49 | 123 | 99 |
| 3.244444 | 45 | 57 | 146 | 100 |
| 2.923077 | 26 | 27 | 76 | 101 |
| 5.032258 | 31 | 65 | 156 | 102 |
| 1.894737 | 76 | 56 | 144 | 103 |
| 2.173077 | 52 | 41 | 113 | 104 |
| 2.542373 | 59 | 63 | 150 | 105 |
| 4.153846 | 26 | 38 | 108 | 106 |
| 4.25 | 28 | 47 | 119 | 107 |
| 3.607143 | 28 | 35 | 101 | 108 |
| 2.557377 | 61 | 65 | 156 | 109 |
| 5.3 | 30 | 66 | 159 | 110 |
| 3.571429 | 28 | 37 | 100 | 111 |
| 2.166667 | 30 | 22 | 65 | 112 |
| 4.1875 | 16 | 25 | 67 | 113 |
| 2.885714 | 35 | 34 | 101 | 114 |
| 3.354839 | 31 | 46 | 104 | 115 |
| 1.938462 | 65 | 48 | 126 | 116 |
| 5.26087 | 23 | 41 | 121 | 117 |
| 5.071429 | 14 | 25 | 71 | 118 |
| 4.076923 | 26 | 34 | 106 | 119 |
| 2.757576 | 33 | 31 | 91 | 120 |
| 3.857143 | 21 | 26 | 81 | 121 |
| 2.642857 | 14 | 11 | 37 | 122 |
| 3.066667 | 15 | 17 | 46 | 123 |
| 2.470588 | 17 | 15 | 42 | 124 |
| 2.944444 | 18 | 19 | 53 | 125 |
| 2.913043 | 23 | 29 | 67 | 126 |
| 2.977778 | 45 | 57 | 134 | 127 |
| 2.171429 | 35 | 25 | 76 | 128 |
| 5.3 | 10 | 21 | 53 | 129 |
| 1.72973 | 37 | 26 | 64 | 130 |
| 1.903226 | 31 | 25 | 59 | 131 |
| 2.62963 | 27 | 34 | 71 | 132 |
| 3.791667 | 24 | 36 | 91 | 133 |
| 4.56 | 25 | 42 | 114 | 134 |
| 4.5 | 26 | 48 | 117 | 135 |
| 3.972973 | 37 | 49 | 147 | 136 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2.580645 | 31 | 35 | 80 | 137 |
| 3.818182 | 22 | 34 | 84 | 138 |
| 2.219512 | 41 | 33 | 91 | 139 |
| 2.029412 | 34 | 28 | 69 | 140 |
| 1.980392 | 51 | 37 | 101 | 141 |
| 2.890625 | 64 | 82 | 185 | 142 |
| 3.318182 | 22 | 28 | 73 | 143 |
| 1.813559 | 59 | 38 | 107 | 144 |
| 1.787879 | 66 | 41 | 118 | 145 |
| 2.076923 | 52 | 29 | 108 | 146 |
| 3.909091 | 22 | 32 | 86 | 147 |
| 2.175439 | 57 | 44 | 124 | 148 |
| 3.365854 | 41 | 53 | 138 | 149 |
| 2.227273 | 44 | 26 | 98 | 150 |
| 2.571429 | 49 | 44 | 126 | 151 |
| 3.918919 | 37 | 61 | 145 | 152 |
| 3.160714 | 56 | 66 | 177 | 153 |
| 1.685714 | 70 | 37 | 118 | 154 |
| 2.034483 | 58 | 41 | 118 | 155 |
| 2.727273 | 66 | 59 | 180 | 156 |
| 2.571429 | 49 | 46 | 126 | 157 |
| 3.026316 | 38 | 51 | 115 | 158 |
| 2.25 | 52 | 43 | 117 | 159 |
| 2.021739 | 46 | 41 | 93 | 160 |
| 3.145833 | 48 | 58 | 151 | 161 |
| 2.947368 | 19 | 18 | 56 | 162 |
| 1.777778 | 27 | 18 | 48 | 163 |
| 4.72 | 25 | 40 | 118 | 164 |
| 2.914286 | 35 | 37 | 102 | 165 |
| 1.586667 | 75 | 48 | 119 | 166 |
| 2.955556 | 45 | 50 | 133 | 167 |
| 3.242424 | 33 | 42 | 107 | 168 |
| 1.701149 | 87 | 55 | 148 | 169 |
| 2.2 | 50 | 48 | 110 | 170 |
| 1.511111 | 45 | 25 | 68 | 171 |
| 2.175 | 40 | 33 | 87 | 172 |
| 1.85 | 20 | 12 | 37 | 173 |
| 2.068966 | 29 | 18 | 60 | 174 |
| 2.705882 | 34 | 33 | 92 | 175 |
| 1.761905 | 63 | 40 | 111 | 176 |
| 2.666667 | 24 | 26 | 64 | 177 |
| 4.421053 | 19 | 30 | 84 | 178 |
| 1.557692 | 52 | 32 | 81 | 179 |
| 2.321429 | 28 | 18 | 65 | 180 |
| 2.058824 | 17 | 15 | 35 | 181 |
| 2.36 | 25 | 18 | 59 | 182 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 27 | 40 | 108 | 183 |
| 3.772727 | 22 | 31 | 83 | 184 |
| 1.317073 | 41 | 22 | 54 | 185 |
| 2.166667 | 30 | 19 | 65 | 186 |
| 3.25 | 12 | 11 | 39 | 187 |
| 2.395833 | 48 | 57 | 115 | 188 |
| 4.5 | 20 | 34 | 90 | 189 |
| 1.74026 | 77 | 39 | 134 | 190 |
| 2.5625 | 16 | 9 | 41 | 191 |
| 2.595238 | 42 | 43 | 109 | 192 |
| 2.12 | 25 | 20 | 53 | 193 |
| 3.24 | 25 | 31 | 81 | 194 |
| 2.83871 | 31 | 30 | 88 | 195 |
| 2.357143 | 28 | 24 | 66 | 196 |
| 3.125 | 16 | 16 | 50 | 197 |
| 1.756757 | 37 | 35 | 65 | 198 |
| 2.2 | 60 | 39 | 132 | 199 |
| 2.065574 | 61 | 39 | 126 | 200 |
| 5.2 | 10 | 19 | 52 | 201 |
| 2.454545 | 22 | 19 | 54 | 202 |
| 4.363636 | 33 | 50 | 144 | 203 |
| 4.526316 | 19 | 25 | 86 | 204 |
| 4.171429 | 35 | 49 | 146 | 205 |
| 2 | 57 | 48 | 114 | 206 |
| 4.111111 | 18 | 25 | 74 | 207 |
| 3.583333 | 24 | 34 | 86 | 208 |
| 3.965517 | 29 | 38 | 115 | 209 |
| 1.235294 | 34 | 17 | 42 | 210 |
| 2.40625 | 32 | 25 | 77 | 211 |
| 2.225806 | 31 | 27 | 69 | 212 |
| 2.26087 | 23 | 20 | 52 | 213 |
| 2.411765 | 17 | 11 | 41 | 214 |
| 2.08 | 50 | 39 | 104 | 215 |
| 1.878788 | 33 | 23 | 62 | 216 |
| 2.225806 | 31 | 26 | 69 | 217 |
| 1.641026 | 39 | 22 | 64 | 218 |
| 1.116667 | 60 | 23 | 67 | 219 |
| 1.419753 | 81 | 33 | 115 | 220 |
| 1.395062 | 81 | 36 | 113 | 221 |
| 1.672414 | 58 | 32 | 97 | 222 |
| 1.406593 | 91 | 43 | 128 | 223 |
| 2.333333 | 24 | 16 | 56 | 224 |
| 3.157895 | 19 | 24 | 60 | 225 |
| 1.88 | 25 | 16 | 47 | 226 |
| 2.684211 | 19 | 21 | 51 | 227 |
| 1.5 | 44 | 23 | 66 | 228 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2.181818 | 22 | 13 | 48 | 229 |
| 2.466667 | 15 | 14 | 37 | 230 |
| 2.138889 | 36 | 28 | 77 | 231 |
| 3.75 | 16 | 21 | 60 | 232 |
| 1.947368 | 19 | 12 | 37 | 233 |
| 3.066667 | 15 | 17 | 46 | 234 |
| 2.2 | 25 | 28 | 55 | 235 |
| 2.666667 | 39 | 40 | 104 | 236 |
| 1.827586 | 29 | 20 | 53 | 237 |
| 1.675676 | 37 | 22 | 62 | 238 |
| 1.25 | 56 | 21 | 70 | 239 |
| 1.384615 | 26 | 10 | 36 | 240 |
| 2.638889 | 36 | 33 | 95 | 241 |
| 4.142857 | 21 | 36 | 87 | 242 |
| 4.434783 | 23 | 27 | 102 | 243 |
| 5 | 19 | 29 | 95 | 244 |
| 4.8 | 15 | 31 | 72 | 245 |
| 2.387097 | 31 | 28 | 74 | 246 |
| 2.666667 | 27 | 30 | 72 | 247 |
| 2.3 | 20 | 16 | 46 | 248 |
| 1.702703 | 37 | 21 | 63 | 249 |
| 2.6 | 40 | 36 | 104 | 250 |
| 2.86 | 50 | 59 | 143 | 251 |
| 2.184211 | 38 | 29 | 83 | 252 |
| 1.9 | 30 | 16 | 57 | 253 |
| 2 | 25 | 14 | 50 | 254 |
| 2.7 | 20 | 16 | 54 | 255 |
| 4.095238 | 21 | 32 | 86 | 256 |
| 2.209302 | 43 | 29 | 95 | 257 |
| 1.97561 | 41 | 24 | 81 | 258 |
| 2.35 | 20 | 13 | 47 | 259 |
| 1.967742 | 31 | 20 | 61 | 260 |
| 2.526316 | 19 | 16 | 48 | 261 |
| 2.175 | 40 | 26 | 87 | 262 |
| 3 | 27 | 29 | 81 | 263 |
| 4.65 | 20 | 31 | 93 | 264 |
| 3.529412 | 17 | 24 | 60 | 265 |
| 2.357143 | 28 | 25 | 66 | 266 |
| 3.810811 | 37 | 49 | 141 | 267 |
| 3 | 15 | 10 | 45 | 268 |
| 5.121212 | 33 | 42 | 169 | 269 |
| 2.705882 | 34 | 31 | 92 | 270 |
| 3 | 13 | 10 | 39 | 271 |
| 3 | 13 | 14 | 39 | 272 |
| 2.2 | 25 | 17 | 55 | 273 |
| 2.068966 | 29 | 21 | 60 | 274 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4.045455 | 22 | 33 | 89 | 275 |
| 2.73913 | 23 | 23 | 63 | 276 |
| 2.297297 | 37 | 29 | 85 | 277 |
| 3.705882 | 17 | 27 | 63 | 278 |
| 2.96 | 25 | 23 | 74 | 279 |
| 2.764706 | 17 | 19 | 47 | 280 |
| 4.8125 | 16 | 32 | 77 | 281 |
| 1.730769 | 26 | 19 | 45 | 282 |
| 2.340426 | 47 | 39 | 110 | 283 |
| 3.5 | 18 | 24 | 63 | 284 |
| 2.083333 | 36 | 29 | 75 | 285 |
| 3.583333 | 24 | 38 | 86 | 286 |
| 1.304813 | 187 | 49 | 244 | 287 |
| 1.23 | 200 | 41 | 246 | 288 |
| 3.117647 | 136 | 243 | 424 | 289 |
| 2.5 | 130 | 132 | 325 | 290 |
| 1.991597 | 119 | 87 | 237 | 291 |
| 1.172237 | 389 | 75 | 456 | 292 |
| 1.509972 | 351 | 200 | 530 | 293 |
| 1.448276 | 435 | 170 | 630 | 294 |
| 2.802326 | 172 | 156 | 482 | 295 |

| الدراسة الميدانية لعدد من الأكواع النهرية | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طول القاع | مدى الكوع | طول الموجة | عرض القناة | العمق | | الانحدار | معامل الانعطاف |
| 123 | 42 | 29 | 14.3 | 1.77 | | 0.7 | 4.2 |
| 139 | 44 | 33 | 14.6 | 1.7 | القطاع الأدنى | 1.1 | 4.2 |
| 116 | 43 | 29 | 13.9 | 1.43 | | 0.5 | 4.01 |
| 123 | 33 | 19 | 14 | 1.22 | | 0.6 | 3.7 |
| 111 | 76 | 44 | 12.05 | 2.28 | | 1.3 | 2.5 |
| 77 | 36 | 54 | 12.9 | 1.99 | | 1.3 | 1.3 |
| 143 | 64 | 57 | 13 | 2.56 | القطاع الأوسط | 1 | 2.5 |
| 126 | 44 | 51 | 12.34 | 2.09 | | 1.3 | 2.4 |
| 96 | 47 | 39 | 11.21 | 2.66 | | 2.3 | 2.04 |

الملحق رقم (٢٠)